

***VECTOR ERROR CORRECTION MODEL (VECM) DALAM MENGANALISIS
PENGARUH GDP PER KAPITA, KONSUMSI ENERGI PRIMER, DAN
EMISI KARBON DI INDONESIA***

(Tesis)

Oleh:

Daffa Nanda Pratama

NPM 2121021015



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER ILMU EKONOMI
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

***VECTOR ERROR CORRECTION MODEL (VECM) DALAM MENGANALISIS
PENGARUH GDP PER KAPITA, KONSUMSI ENERGI PRIMER, DAN
EMISI KARBON DI INDONESIA***

Oleh

Daffa Nanda Pratama

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

MASTER EKONOMI

Pada

Program Studi Magister Ilmu Ekonomi

Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER ILMU EKONOMI
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

VECTOR ERROR CORRECTION MODEL (VECM) DALAM MENGANALISIS PENGARUH GDP PER KAPITA, KONSUMSI ENERGI PRIMER, DAN EMISI KARBON DI INDONESIA

Oleh

Daffa Nanda Pratama

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *Gross Domestic Product* (GDP) per kapita dan konsumsi energi primer terhadap emisi karbon di Indonesia dengan menggunakan pendekatan *Vector Error Correction Model* (VECM). Data tahunan diperoleh dari World Bank dan mencakup periode 1965 s.d. 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik GDP per kapita maupun konsumsi energi primer berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon dalam jangka panjang, sementara dalam jangka pendek tidak ditemukan pengaruh yang signifikan. Respons jangka panjang terhadap kejutan pada variabel-variabel tersebut juga didukung oleh hasil *Impulse Response Function* (IRF) dan *Variance Decomposition* (FEVD), yang menunjukkan peran dominan PDB per kapita terhadap variabilitas emisi karbon dalam jangka panjang. Hasil penelitian ini menekankan pentingnya kebijakan energi yang mendorong efisiensi dan transisi menuju energi terbarukan agar target pembangunan rendah karbon dapat tercapai tanpa menghambat pertumbuhan ekonomi nasional.

Kata Kunci: Emisi Karbon, Konsumsi Energi Primer, GDP per Kapita, VECM.

ABSTRACT

VECTOR ERROR CORRECTION MODEL (VECM) IN ANALYZING THE IMPACT OF ECONOMIC GROWTH, POPULATION GROWTH, AND PRIMARY ENERGY CONSUMPTION ON CARBON EMISSIONS IN INDONESIA

By

Daffa Nanda Pratama

This study aims to analyze the influence of Gross Domestic Product (GDP) per capita and primary energy consumption on carbon emissions in Indonesia using the Vector Error Correction Model (VECM) approach. Annual data were obtained from the World Bank, covering the period from 1965 to 2023. The results show that both GDP per capita and primary energy consumption have a significant long-term impact on carbon emissions, while no significant effects are found in the short term. The long-term responses to shocks in these variables are also supported by the results of the Impulse Response Function (IRF) and Forecast Error Variance Decomposition (FEVD), which indicate the dominant role of GDP per capita in explaining carbon emission variability over time. These findings highlight the importance of energy policies that promote efficiency and a transition to renewable energy, so that low-carbon development goals can be achieved without hindering national economic growth.

Keywords: Carbon Emissions, Economic Growth, Primary Energy Consumption, Population, VECM

Judul Tesis

: **VECTOR ERROR CORRECTION MODEL
(VECM) DALAM MENGANALISIS
PENGARUH GDP PER KAPITA, KONSUMSI
ENERGI PRIMER, DAN EMISI KARBON DI
INDONESIA**

Nama Mahasiswa

: **Daffa Nanda Pratama**

No. Induk Mahasiswa

: **2121021015**

Program Studi

: **Magister Ilmu Ekonomi**

Fakultas

: **Ekonomi dan Bisnis**



1. Komisi Pembimbing


Dr. Neli Aida, S.E., M.Si.

NIP. 19631215 198903 2002


Dr. Asih Murwiati, S.E., M.Si.

NIP. 19740410 200812 2001

2. Ketua Program Studi Magister Ilmu Ekonomi


Dr. Asih Murwiati, S.E., M.Si.

NIP. 19740410 200812 2001

MENGESAHKAN

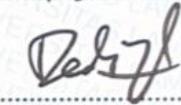
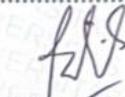
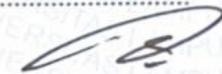
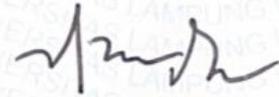
1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Neli Aida, S.E., M.Si

Sekretaris : Dr. Asih Murwati, S.E., M.Si.

Penguji I : Dr. Arivina Ratih Taher, S.E., M.M.

Penguji II : Dr. Dedy Yuliawan, S.E., M.Si



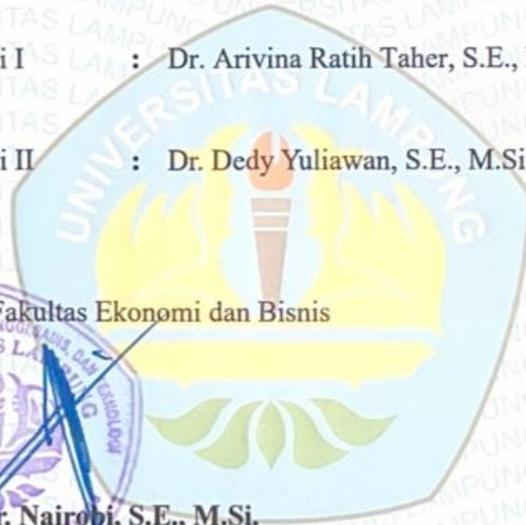
2. Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis

Prof. Dr. Nairobi, S.E., M.Si.
NIP. 19660621 199003 1 003

3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 19640326 198902 1 001

4. Tanggal Lulus Ujian Tesis : 26 Maret 2025



PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa tesis ini telah ditulis dengan sungguh-sungguh dan bukan merupakan penjiplakan hasil karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar. Maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi sesuai yang berlaku.

Bandar Lampung, 5 Juni 2025

Penulis,



DAFFA NANDA PRATAMA

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 07 Juli 1999. Sebagai anak pertama dari dua bersaudara, anak dari pasangan Bapak Kiswanto dan Ibu Nurhayati. Penulis menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak di TK Al-Azhar 2 pada 2005. Kemudian melanjutkan pendidikan dasar di SD Al-Azhar 1 hingga 2011. Lalu melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 19 Bandar Lampung hingga 2014, dan sekolah menengah atas di SMAN 12 Bandar Lampung hingga 2017. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung pada 2017 melalui jalur reguler SBMPTN. Kemudian, penulis terdaftar sebagai mahasiswa pascasarjana Universitas Lampung Program Studi Magister Ilmu Ekonomi pada tahun 2021 serta mendapatkan **Beasiswa Pascasarjana yaitu Research And Teaching Assistant** bebas SPP selama 4 semester.

Selanjutnya, pada tahun 2022 penulis mendapatkan kesempatan untuk bekerja di Otoritas Jasa Keuangan melalui program Pendidikan Calon Staff angkatan ke-6 (PCS-6). Saat ini (2025), penulis telah menyelesaikan program tersebut dan telah menjadi pegawai tetap di Otoritas Jasa Keuangan sebagai Pengawas Junior di Departemen Pengawasan Asuransi dan Jasa Penunjang.

MOTTO

“You Didn’t Come This Far, Only to Come This Far”

(Anonymous)

“Work Hard in Silence, Let Your Success be Your Noise.”

(Frank Ocean)

"Comparison is The Thief of Joy"

(Theodore Roosevelt)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahillobbilalamin

Teriring rasa syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya lah saya dapat menyelesaikan tulisan ini. Karya ini ku persembahkan kepada:

Kedua orangtuaku tercinta, Bapak Kiswanto dan Ibu Nurhayati, Terima kasih karena telah memberikan rasa kasih sayang, dukungan, serta perjuangan untuk mewujudkan kesuksesan serta kebahagiaanku.

Adikku yang ku banggakan, Rheza Natha Ardana. Terima kasih atas segala kenangan, keceriaan, canda tawa, suka duka, serta motivasi yang telah diberikan.

Seluruh orang-orang terdekat, teman-teman seperjuangan terutama Tania Mega Pratiwi, Terima kasih untuk dukungan, doa, semangat, waktu, serta motivasi dikala suka maupun duka.

Serta

**Almamaterku tercinta, Magister Ilmu Ekonomi Fakultas Ekonomi dan Bisnis
Universitas Lampung**

SANWACANA

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Vector Error Correction Model (VECM) Dalam Menganalisis Pengaruh GDP per Kapita, Konsumsi Energi Primer Dan Emisi Karbon Di Indonesia” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Ekonomi Program Studi Magister Ilmu Ekonomi Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan bantuan selama proses penyusunan dan penyelesaian skripsi ini. Secara khusus, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A, IPM selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung
3. Bapak Prof. Dr. Nairobi, S.E., M.Si. selaku Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Asih Murwiati, S.E., M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung, sekaligus sebagai dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu memberikan masukan dan saran pada tesis ini.

5. Ibu Dr. Neli Aida, S.E., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu memberikan masukan dan saran pada tesis ini.
6. Ibu Dr. Arivina Ratih Taher, S.E., M.M. selaku dosen penguji I yang telah meluangkan waktu memberikan masukan dan saran pada tesis ini.
7. Bapak Dr. Dedy Yuliawan, S.E., M.Si. selaku dosen penguji II yang telah meluangkan waktu memberikan masukan dan saran pada tesis ini.
8. Ibu Dr. Marselina Djayasinga, S.E., M.P.M. selaku Dosen Pembimbing akademik atas waktu, bimbingan, saran, serta nasihat dengan kesabaran yang luar biasa yang telah diberikan selama proses perkuliahan.
9. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, pembelajaran, bantuan, selama penulis menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
10. Seluruh staff Administrasi, Akademik, Tata Usaha, Keamanan, dan Seluruh Pegawai di lingkungan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Unila yang telah membantu penulis selama perkuliahan.
11. Orang tuaku; Bapak Kiswanto dan Ibu Nurhayati untuk segala bentuk dukungan, didikan, dan perjuangannya secara materil maupun imateril demi kesuksesan dan keberhasilanku. Terimakasih untuk doa dan motivasi yang tak henti-hentinya selama ini.
12. Adikku yang ku banggakan, Rheza Natha Ardana. Terima kasih untuk semua keceriaan, motivasi, dukungan dan bantuannya.

13. Tania Mega Pratiwi, terima kasih atas segala dukungan tiada henti serta waktu yang diluangkan untuk menemaniku, memberikan, semangat dan motivasi, serta berbagi suka cita maupun duka selama ini.
14. Terima kasih kepada Ibu-ibu dosen, Bu Irma, Bu Betty, Bu Emi, Bu Zulfa, Bu Lies, yang telah memotivasi saya untuk menyelesaikan pendidikan magister ilmu ekonomi ini.
15. Bapak/Ibu pimpinan, Mas/Mba, serta para kolega di Otoritas Jasa Keuangan Republik Indonesia yang telah memotivasi saya untuk menyelesaikan pendidikan magister ilmu ekonomi ini.
16. Teman-teman Bohemian Rhapsody yang berjumlah 15 insan (Tanmeg, Jun, Ken, Udin, Abay, Jayus, Kahla, Della, Abil, Sarah, Ilham, Ami, Jovi, Deri, Diki, Rejon). Terima kasih atas momen kebersamaannya selama ini. Semoga silaturahmi diantara kita dapat terus terjalin. Sukses selalu untuk kita-kita aja.
17. Seluruh teman-teman Mahasiswa Prodi Magister Ilmu Ekonomi angkatan 2021 yang telah berjuang bersama selama ini dan telah turut membantu dalam proses perkuliahan. Semoga kita sukses selalu.
18. Terima kasih kepada Universitas Lampung atas kesempatan yang diberikan kepada saya berupa **Beasiswa Pascasarjana** yaitu *Research And Teaching Assistant* dengan bebas SPP selama 4 semester. Sehingga penulis dapat mewujudkan mimpi penulis untuk melanjutkan studi yang lebih tinggi lagi, semoga ilmu dan pengetahuan yang penulis peroleh dapat berguna kedepannya khususnya untuk penulis, serta bagi nusa, bangsa, dan agama.

19. Semua pihak yang terlibat dalam penyusunan tesis yang tidak dapat penulis sebutkan satu per-satu.

Semoga Allah SWT mempermudah segala urusan kita. Akhir kata penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, saran dan kritik untuk pengembangan lebih lanjut sangatlah diharapkan penulis. Semoga tesis ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua, Aamiin.

Bandar Lampung, 5 Juni 2025

Penulis,

DAFFA NANDA PRATAMA

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	7
1.3. Tujuan Penelitian	8
1.4. Manfaat Penelitian	8

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Yang Digunakan	11
2.2. Ekonometrika Deret Waktu	18
2.3. <i>Vector Autoregressive</i>	19
2.4. Stasioneritas	20
2.5. Penentuan Lag Optimum	21
2.6. Kointegrasi	21
2.7. <i>Vector Error Correction</i>	23
2.8. <i>Impulse Response Function</i>	23
2.9. <i>Variance Decomposition</i>	24
2.10. Tinjauan Empiris	25
2.11. Kerangka Pemikiran	33
2.12. Hipotesis	34

III. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian	35
3.2. Jenis dan Sumber Data	35
3.3. Lokasi dan Waktu	36
3.4. Definisi Operasional Variabel	37
3.5. Metode Analisis Data	38

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisis Statistik Deskriptif	41
4.2.	Analisis Regresi	42
4.3	Pembahasan Hasil Penelitian	53
4.4	Implikasi Hasil Penelitian	59
V. PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	62
5.2.	Saran	62

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

TABEL

2.1. Tinjauan Empiris	25
3.1. Variabel, Simbol, Satuan, dan Sumber Data	35
4.1 Hasil Analisis Deskriptif Statistik	41
4.2 Hasil Uji Stasioner	42
4.3 Hasil Uji Lag Optimum	43
4.4 Hasil Uji Stabilitas VAR	43
4.5 Hasil Uji Kointegrasi	44
4.6 Hasil Estimasi VECM	45
4.7 Hasil Analisis Impulse Response	46
4.8 Hasil Analisis <i>Variance Decomposition</i> Emisi Karbon.....	49

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar

1.1. Emisi Karbon Indonesia Tahun 1965 s.d. 2023	2
1.2. GDP per Kapita Indonesia Tahun 1965 s.d. 2023	3
1.3. Konsumsi Energi Primer Indonesia tahun 1965 s.d. 2023	5
2.1. Kurva Kuznet	9
2.2. Skema Teori Malthusian	15
2.3. Kurva Malthusian Population Trap	17
2.4. Kerangka Pemikiran	33
3.1. Alur Pengujian Ekonometrika	38
4.1. Grafik Respons IRF tiap variabel terhadap variabel lainnya	48
4.2. Perbandingan Emisi Karbon dan GDP per Kapita	55
4.3. Perbandingan Emisi Karbon dan Konsumsi Energi Primer	58

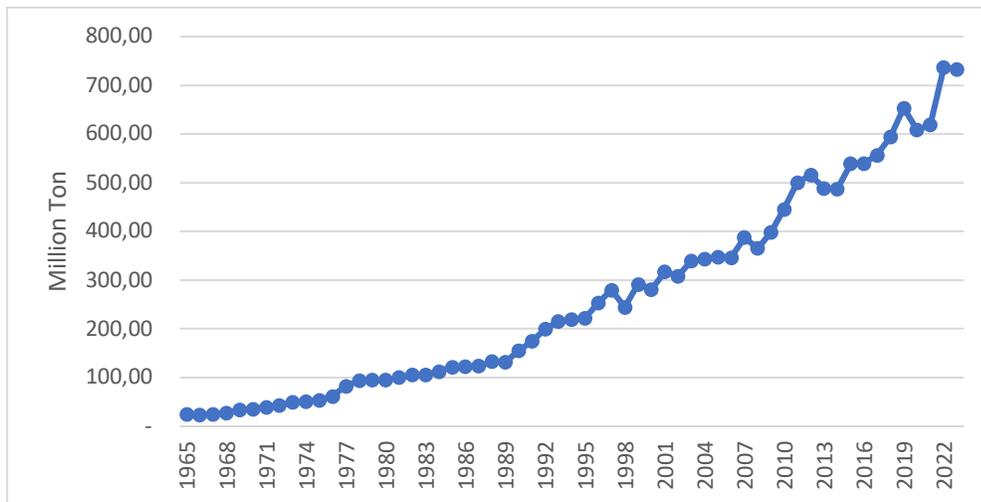
I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emisi karbon dioksida (CO₂) adalah gas yang dihasilkan dari pembakaran senyawa karbon. Sumber emisi karbon meliputi pembakaran bahan bakar fosil di sektor manufaktur, pemanasan, transportasi, dan produksi listrik untuk barang dan jasa. Peningkatan emisi karbon menimbulkan kekhawatiran global karena dampaknya terhadap perubahan iklim (Liu et al., 2023).

Kebijakan dalam mengatasi perubahan iklim dapat tercermin dalam berbagai kesepakatan internasional. Protokol Kyoto pada tahun 1997 sebagai langkah awal diikuti oleh Perjanjian Paris pada 2015 yang mewajibkan 196 negara termasuk Indonesia untuk membatasi peningkatan suhu global di bawah 2°C, bahkan berupaya membatasinya hingga 1,5°C (Asas, 2023). Indonesia telah berkomitmen mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 29% dengan upaya sendiri dan hingga 41% dengan dukungan internasional pada tahun 2030. Komitmen ini diperkuat dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) khususnya Tujuan ke-13 yang menekankan pentingnya tindakan mengatasi perubahan iklim (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia, 2022).

Melalui Conference of the Parties (COP) sebagai badan pengambil keputusan tertinggi UNFCCC, berbagai target untuk mengurangi emisi karbon global terus dirumuskan. Dalam COP26 di Glasgow (2021), Indonesia menegaskan komitmennya untuk mencapai Net Zero Emission (NZE) pada tahun 2060 atau lebih cepat (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia, 2021). Sebagai anggota G20, Indonesia juga terlibat dalam berbagai kesepakatan terkait iklim, termasuk saat menjadi tuan rumah KTT G20 di Bali (2022) yang menghasilkan komitmen untuk mempercepat transisi energi dan pencapaian target iklim (Limanseto, 2022).



Sumber: World Bank, 2023 (data diolah)

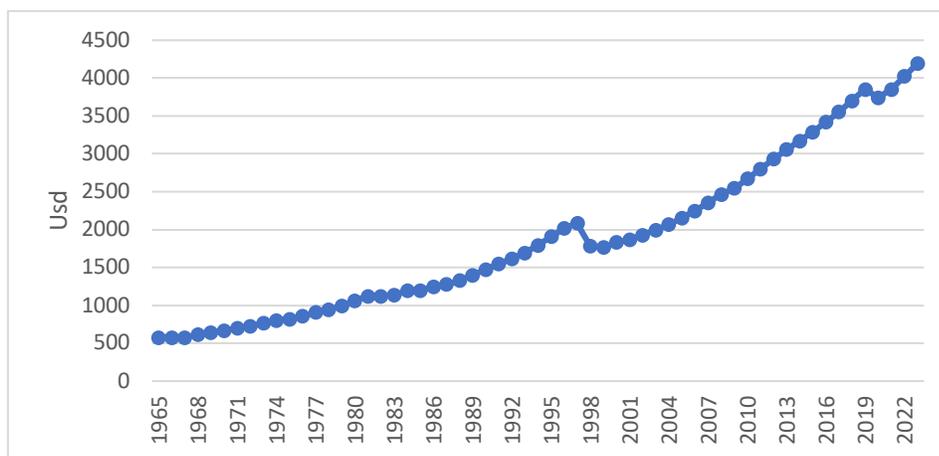
Gambar 1.1. Emisi Karbon di Indonesia Tahun 1965 s.d. 2023

Gambar 1.1 menunjukkan emisi karbon mengalami peningkatan yang signifikan sepanjang periode 1965 hingga 2023 di Indonesia. Pada tahun 1965, emisi karbon tercatat sebesar 155,08 juta ton. Angka ini terus meningkat seiring berjalannya waktu, dengan beberapa fluktuasi kecil di beberapa tahun tertentu. Pada tahun 2000, emisi karbon mencapai 281,33 juta ton, menunjukkan peningkatan yang cukup besar dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Tren peningkatan ini berlanjut hingga tahun 2010, emisi CO₂ mencapai 445,81 juta ton. Pada tahun 2020, emisi CO₂ mencapai 608,22 juta ton, meningkat menjadi 733,22 juta ton pada tahun 2023. Peningkatan emisi CO₂ ini terutama didorong oleh tingkat kesejahteraan, dan konsumsi energi suatu negara.

Pendapatan per kapita (GDP per kapita) merupakan indikator penting dalam mengukur tingkat kesejahteraan ekonomi suatu negara. Aktivitas ekonomi seperti produksi industri, transportasi, dan konsumsi energi yang mendorong peningkatan GDP per kapita juga berkontribusi terhadap peningkatan emisi karbon dioksida. Upaya untuk meningkatkan standar hidup masyarakat melalui peningkatan pendapatan per kapita sering menimbulkan dilema, karena berpotensi meningkatkan degradasi lingkungan

(Rahman et al., 2020). Ketika GDP per kapita meningkat, emisi karbon cenderung naik sebagai konsekuensi dari industrialisasi dan urbanisasi yang menyertainya.

Teori Kurva Lingkungan Kuznets (EKC) memberikan kerangka konseptual yang menjelaskan hubungan dinamis antara pendapatan per kapita dan kualitas lingkungan. Teori EKC mengemukakan bahwa hubungan antara GDP per kapita dan emisi karbon membentuk kurva berbentuk U terbalik, di mana pada tahap awal pembangunan ekonomi, emisi karbon meningkat seiring dengan peningkatan pendapatan per kapita. Namun, ketika GDP per kapita mencapai titik balik tertentu (turning point), emisi karbon mulai menurun meskipun pendapatan terus meningkat (Grossman & Krueger, 2000). Fenomena ini terjadi karena negara dengan pendapatan per kapita yang tinggi memiliki kapasitas lebih besar untuk berinvestasi dalam teknologi ramah lingkungan, mengembangkan sektor jasa yang kurang intensif karbon, serta menerapkan regulasi lingkungan yang lebih ketat (N. Stern, 2014). Di Indonesia, penting untuk menganalisis apakah hubungan antara GDP per kapita dan emisi karbon mengikuti pola EKC ini, yang akan membantu dalam merumuskan kebijakan pembangunan ekonomi yang berkelanjutan.



Sumber: World Bank, 2023 (data diolah)

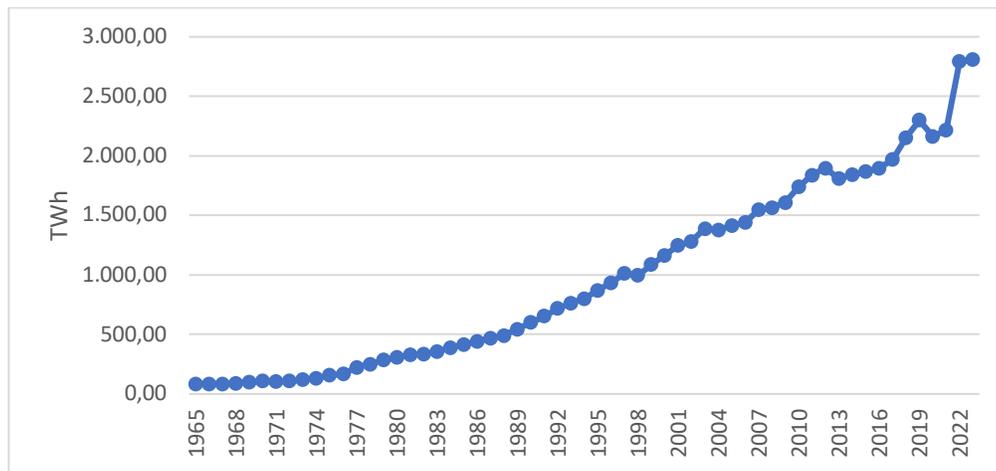
Gambar 1.2. GDP per Kapita Indonesia tahun 1965 s.d. 2023

Gambar 1.2 menunjukkan tingkat GDP per Kapita yang meningkat meskipun mengalami fluktuasi di beberapa periode. Krisis keuangan Asia 1997-1998 menyebabkan penurunan GDP dari 2.081,84 miliar USD (1997) menjadi 1.767,51 miliar USD (1999), sebelum kembali meningkat hingga 2.799,62 miliar USD pada 2011. Pertumbuhan berlanjut hingga 3.850,90 miliar USD pada 2019, tetapi pandemi COVID-19 menyebabkan kontraksi ekonomi dengan penurunan GDP menjadi 3.739,44 miliar USD pada 2020. Pasca pandemi, ekonomi kembali pulih dengan GDP mencapai 4.192,62 miliar USD pada 2023, mencerminkan pemulihan aktivitas ekonomi, investasi, dan kebijakan yang mendukung pertumbuhan berkelanjutan.

Studi empiris menunjukkan hasil yang beragam mengenai hubungan antara tingkat GDP perkapita dan emisi karbon. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Nurbandi et al., 2018), terdapat hubungan erat antara GDP per kapita dan emisi karbon yang bersifat searah. Peningkatan GDP per kapita umumnya diikuti oleh peningkatan emisi karbon, yang mencerminkan pertumbuhan ekonomi berbasis sektor industri dan konsumsi energi. Sedangkan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Aslam et al., 2021) didapat hasil jika bahwa GDP per kapita memiliki efek negatif pada emisi karbon dalam jangka panjang di Tiongkok. Hal ini dapat terjadi karena adanya beberapa mekanisme. Pertama, investasi dalam teknologi ramah lingkungan yang meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dapat membantu mengurangi emisi. Kedua, terjadi pergeseran sektor ekonomi dari industri berat yang berpolusi tinggi ke sektor jasa yang lebih bersih. Ketiga, peningkatan pendapatan mendorong kesadaran masyarakat dan memengaruhi kebijakan pemerintah untuk fokus pada pengurangan emisi. Secara keseluruhan, dampak negatif GDP per kapita terhadap emisi karbon mencerminkan transisi menuju pertumbuhan ekonomi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Energi primer mengacu pada energi yang terjadi secara alami dan tidak diolah, seperti minyak bumi, gas alam, batu bara, matahari, angin, tenaga air, dan energi terbarukan lainnya. (Kementerian ESDM, 2014). Konsumsi energi primer memegang peranan penting dalam pembangunan nasional, karena energi merupakan salah satu sumber

yang menunjang kegiatan perekonomian (Sugiyanto et al., 2017). Di Indonesia, konsumsi energi primer terbesar berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batubara (Husna, 2019). Namun penggunaan energi fosil yang berlebihan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti peningkatan emisi CO₂ yang berkontribusi terhadap perubahan iklim. Oleh karena itu, peralihan ke sumber energi terbarukan menjadi penting untuk mencapai pembangunan berkelanjutan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Solikah & Bramastia, 2024).



Sumber: World Bank, 2023 (data diolah)

Gambar 1.3. Konsumsi Energi Primer di Indonesia tahun 1965 s.d. 2023

Gambar 1.3 menunjukkan jika konsumsi energi primer Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan sepanjang periode 1990 hingga 2023. Pada tahun 1990, konsumsi energi primer tercatat sebesar 600,18 TWh. Angka ini terus meningkat seiring berjalannya waktu, dengan beberapa fluktuasi kecil di beberapa tahun tertentu. Pada tahun 2000, konsumsi energi primer mencapai 1.163,52 TWh, menunjukkan peningkatan yang cukup besar dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Tren peningkatan ini berlanjut hingga tahun 2010, di mana konsumsi energi primer tercatat sebesar 1.738,33 TWh. Pada tahun 2020, konsumsi energi primer mencapai 2.163,75 TWh, dan pada tahun 2023, angka ini meningkat menjadi 2.807,73 TWh. Peningkatan konsumsi energi primer ini sebagian besar disebabkan oleh pertumbuhan ekonomi yang

pesat, urbanisasi, dan peningkatan populasi. Selain itu, peningkatan akses terhadap energi dan perkembangan infrastruktur energi juga berkontribusi terhadap peningkatan konsumsi energi primer di Indonesia. Namun, peningkatan konsumsi energi primer ini juga menyoroti perlunya diversifikasi sumber energi dan peningkatan efisiensi energi akan mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mengurangi dampak terhadap lingkungan.

Peningkatan konsumsi energi primer ini terutama disebabkan oleh pesatnya pertumbuhan ekonomi, urbanisasi, dan pertumbuhan penduduk. Selain itu, peningkatan akses energi dan pembangunan infrastruktur energi juga berkontribusi terhadap peningkatan konsumsi energi primer di Indonesia. Namun, peningkatan konsumsi energi primer ini juga menyoroti perlunya diversifikasi sumber energi dan meningkatkan efisiensi energi untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mengurangi dampak terhadap lingkungan. Untuk mencapai tujuan ini, reformasi kebijakan energi yang lebih bertarget dan dukungan terhadap investasi dalam memperluas energi terbarukan sangatlah penting.

Studi empiris menunjukkan adanya hubungan antara konsumsi energi primer dan pertumbuhan ekonomi serta emisi karbon, namun hasilnya beragam. Berdasarkan penelitian Afriyanti et al. (2021), konsumsi energi primer memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia. Perubahan konsumsi energi primer sebesar 1% meningkatkan pertumbuhan ekonomi sebesar 0,85%. Hasil serupa juga ditunjukkan dalam penelitian Solikah & Bramastia (2024) yang menemukan bahwa konsumsi energi primer Indonesia berkontribusi terhadap peningkatan emisi karbon. Di sisi lain, penelitian Yudiartono et al. (2022), menunjukkan hasil berbeda, tidak terdapat hubungan yang signifikan antara konsumsi energi primer dan emisi karbon di beberapa sektor industri.

Dua pendekatan dapat digunakan dalam analisis ekonometrik yang bertujuan untuk memodelkan hubungan antar variabel ekonomi menggunakan data deret waktu: model autoregresif vektor (VAR) dan model koreksi kesalahan vektor (VECM). VAR pertama

kali diperkenalkan oleh Christopher Sims pada tahun 1980 dengan tujuan untuk memahami hubungan sebab akibat dan memprediksi variabel ekonomi baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Metode ini lebih sederhana dan menghasilkan estimasi yang lebih baik dibandingkan metode lain yang lebih kompleks. Namun model VAR hanya dapat diterapkan pada data yang stasioner. Jika data Anda tidak stasioner, Anda dapat menggunakan analisis VECM. (Gujarati, 2011).

VECM merupakan metode analisis statistik yang banyak digunakan dalam penelitian data deret waktu di bidang ekonomi, bisnis, dan keuangan. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengetahui arah kausalitas antar variabel baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang (Zou, 2018). VECM pertama kali diperkenalkan oleh Granger dan Engle untuk memperbaiki ketidakseimbangan jangka panjang dan jangka pendek. Metode ini memperhitungkan fluktuasi data dalam tren jangka panjang dan menganalisis kesalahan melalui variabel dependen yang terjadi akibat ketidakseimbangan berbagai variabel (Ekananda, 2016).

Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang, teori, masalah, serta beberapa hasil penelitian sebelumnya yang telah dijelaskan, penelitian ini akan meneliti terkait Menganalisis Pengaruh GDP per Kapita, dan Konsumsi Energi Primer terhadap Emisi Karbon Di Indonesia menggunakan pendekatan *Vector Error Correction Model* (VECM).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun berdasarkan penjabaran latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh dari tingkat GDP per kapita terhadap Emisi Karbon di Indonesia dalam jangka pendek dan panjang?
2. Bagaimana pengaruh dari Konsumsi Energi Primer terhadap Emisi Karbon di Indonesia jangka pendek dan panjang?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis pengaruh jangka pendek dan jangka panjang dari tingkat GDP per kapita terhadap Emisi Karbon di Indonesia.
2. Menganalisis pengaruh jangka pendek dan jangka panjang dari Konsumsi Energi Primer terhadap Emisi Karbon di Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian, manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

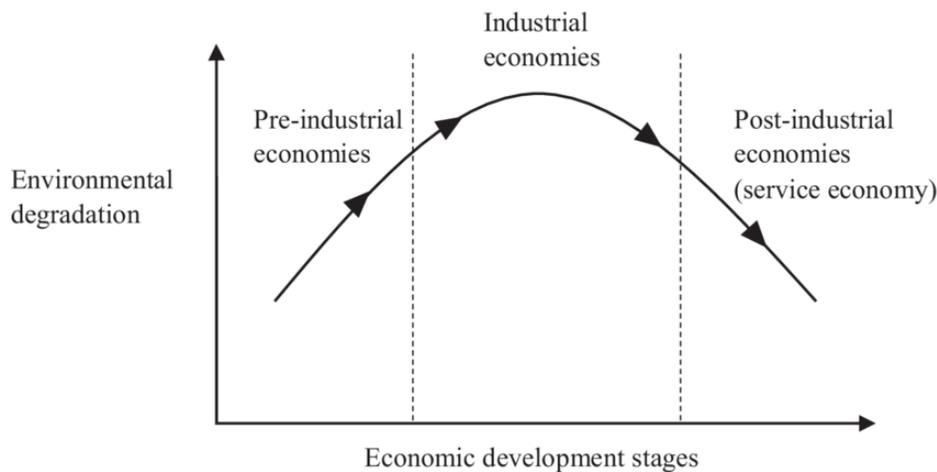
1. Penelitian ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan bagi penulis dan pembaca, khususnya dalam bidang ekonomi lingkungan.
2. Penelitian ini menyediakan informasi dan kontribusi terhadap pengembangan penelitian mengenai GDP per Kapita, dan Konsumsi Energi Primer terhadap Emisi Karbon di Indonesia.
3. Penelitian ini berfungsi sebagai referensi untuk penelitian mendatang dalam mengembangkan ilmu pengetahuan terkait ekonomi lingkungan.
4. Penelitian ini dapat menjadi referensi atau masukan bagi pembuat kebijakan (Pemerintah), pelaku ekonomi, dan masyarakat dalam menjaga kualitas lingkungan hidup yang baik untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development) dan mencapai kesejahteraan masyarakat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori yang Digunakan

1. Teori Kuznet

Kurva Kuznet adalah hipotesis yang menggambarkan hubungan antara tingkat pendapatan per kapita dan ketimpangan pendapatan dalam suatu negara yang sedang mengalami pembangunan ekonomi. ipotesis ini dikemukakan oleh Simon Kuznets, seorang ekonom dan ahli statistik asal Rusia-Amerika, yang memenangkan Nobel Ekonomi pada tahun 1971 atas penelitiannya tentang pertumbuhan ekonomi (D. I. Stern, 1998).



Gambar 2.1 Kurva Kuznet

Kurva Kuznets menunjukkan bentuk huruf “U” terbalik, yang berarti bahwa ketimpangan pendapatan akan meningkat pada tahap awal pembangunan, mencapai titik balik pada tingkat pendapatan tertentu, dan kemudian menurun seiring dengan

pertumbuhan pendapatan lebih lanjut. Alasan di balik hipotesis ini adalah bahwa pada tahap awal pembangunan, peluang investasi bagi mereka yang sudah memiliki modal akan meningkat, sementara arus tenaga kerja murah dari pedesaan ke perkotaan akan menekan upah. Hal ini akan memperbesar kesenjangan pendapatan dan meningkatkan ketimpangan (D. I. Stern, 1998).

Pada tahap pembangunan lanjutan, perubahan struktural pada industri dan jasa yang padat informasi, peningkatan kesadaran lingkungan, penegakan peraturan lingkungan, peningkatan teknologi, dan peningkatan belanja lingkungan mengurangi dampak negatif pertumbuhan ekonomi terhadap lingkungan menurunkan ketimpangan. Kurva Kuznets juga dapat diterapkan untuk mengukur hubungan antara pendapatan per kapita dan tingkat pencemaran lingkungan. Hipotesis ini menyatakan bahwa pencemaran lingkungan akan meningkat pada tahap awal pembangunan, mencapai puncaknya pada tingkat pendapatan tertentu, dan kemudian menurun seiring dengan pertumbuhan pendapatan lebih lanjut (D. I. Stern, 1998).

Meskipun teori EKC menyajikan suatu pola umum, perlu dicatat bahwa perbedaan antar negara atau wilayah dapat terjadi. Tingkat pendapatan yang diperlukan untuk mencapai puncak kurva dan kemudian mengalami penurunan dapat bervariasi bergantung pada berbagai faktor termasuk struktur ekonomi, kebijakan lingkungan, dan faktor sosial-budaya (Dinda, 2004). Teori EKC memberikan dasar bagi pengembangan kebijakan lingkungan yang memperhitungkan fase pembangunan suatu negara. Ini menyoroti pentingnya mengintegrasikan keberlanjutan dan kebijakan lingkungan dalam perencanaan pembangunan ekonomi (Panayotou, 1997).

Banyak pihak yang mengkritisi Kurva Kuznets dan menjadikannya topik diskusi. Bahkan dalam makalahnya, Kuznets sendiri mengakui bahwa data yang digunakan memiliki kelemahan dan keterbatasan. Kritik utama terhadap hipotesis Kuznets dan bentuk grafis kurvanya berfokus pada komposisi negara dalam set data yang digunakan. Para kritikus menilai bahwa Kurva Kuznets tidak mencerminkan pola pertumbuhan ekonomi suatu negara secara individual, melainkan lebih

menggambarkan perbedaan historis dalam perkembangan ekonomi serta tingkat ketimpangan antarnegara dalam data tersebut. Kuznets menggunakan negara-negara berpenghasilan menengah, khususnya kawasan Amerika Latin, sebagai dasar kritik karena sejarah ketimpangan ekonomi yang tinggi apabila negara Amerika Latin dibandingkan dengan wilayah atau negara dari benua lain yang memiliki tingkat pembangunan ekonomi yang sama. Kritik ini menyatakan bahwa jika variabel tersebut dikontrol, pola kurva berbentuk U terbalik yang diusulkan Kuznets akan memudar. Selain itu, seiring berjalannya waktu, muncul kritik tambahan dari para ekonom yang memperluas hipotesis ini dengan mempertimbangkan lebih banyak dimensi, terutama setelah beberapa negara mengalami pertumbuhan ekonomi pesat yang tidak selalu sesuai dengan pola yang diprediksi oleh Kurva Kuznets (Moffatt, 2019).

2. Teori Wallerstein

Pendekatan yang dikemukakan oleh Immanuel Wallerstein menawarkan analisis sistem dunia sebagai sebuah tatanan sosial yang terdiri dari negara-negara dan wilayah yang saling berhubungan dan memengaruhi secara global. Teori ini mulai diperkenalkan pada dekade 1970-an sebagai respons terhadap teori modernisasi dan teori ketergantungan yang dianggap kurang memadai dalam menjelaskan pembangunan dan ketimpangan global. Wallerstein membagi dunia ke dalam tiga kategori zona ekonomi: inti, semi-periferi, dan periferi. Zona inti mencakup negara-negara maju dengan teknologi canggih yang memegang kendali atas perekonomian dunia. Zona semi-periferi mencakup negara-negara dengan karakter campuran antara zona inti dan periferi, yang berfungsi sebagai penyeimbang dalam sistem ini. Sementara itu, zona periferi meliputi negara-negara yang kurang berkembang, yang bergantung pada ekspor tenaga kerja murah dan sumber daya alam kepada negara-negara inti, dan sering mengalami eksploitasi ekonomi (Christofis, 2019).

Teori Wallerstein juga memperkenalkan konsep siklus ekonomi serta pola perubahan hegemoni global di antara negara-negara inti. Pendekatan ini memberikan sudut pandang kritis dan menyeluruh terhadap sejarah serta struktur kapitalisme dunia

(Christofis, 2019). Implikasi teori ini terhadap pembangunan finansial sangat besar, terutama karena Wallerstein menekankan bahwa sistem global, bukan hanya negara individu, harus menjadi fokus utama dalam analisis sosial. Dalam sistem dunia, negara-negara inti memiliki keuntungan akses terhadap pasar keuangan global, teknologi, dan modal, sedangkan negara-negara periferi kerap menghadapi kendala dalam mengembangkan sektor keuangannya. Ketergantungan mereka pada negara-negara inti untuk investasi dan akses ke pasar global berisiko memperlambat pertumbuhan ekonomi serta menimbulkan ketidakstabilan finansial. Oleh karena itu, analisis sistem dunia ini membantu memahami ketimpangan ekonomi global dan dampaknya terhadap pembangunan keuangan di negara-negara berkembang (Wallerstein, 2000). Menurut Wallerstein, hal-hal yang menjadi faktor pengaruh utama antara lain:

a. Globalisasi

Globalisasi memperkuat perdagangan internasional, yang dapat meningkatkan produksi dan transportasi barang secara global. Aktivitas perdagangan ini seringkali melibatkan penggunaan energi fosil, yang berkontribusi pada emisi karbon.

b. Transfer Teknologi

Globalisasi memungkinkan terjadinya transfer teknologi antar negara dan perusahaan. Meskipun hal ini dapat menciptakan teknologi yang lebih bersih, transfer teknologi juga dapat mempercepat penerapan teknologi berbasis karbon, terutama di negara-negara dengan peraturan lingkungan hidup yang lebih lemah..

c. Mobilitas Modal:

Investasi asing dan perpindahan modal dapat menciptakan industri yang lebih besar di negara-negara berkembang yang tidak menerapkan standar lingkungan hidup yang ketat. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan emisi pada suatu negara.

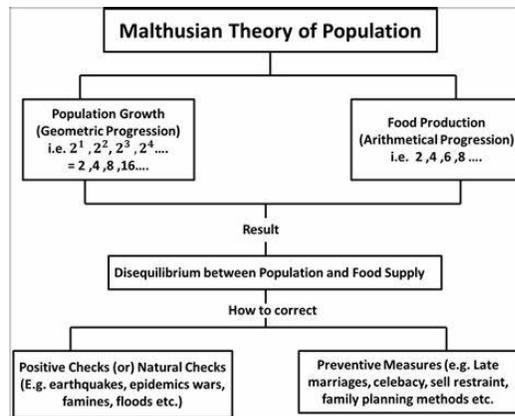
d. Konsumsi Energi

Dengan meningkatnya integrasi ekonomi global, kebutuhan akan energi juga meningkat. Konsumsi energi tambahan sering kali berasal dari bahan bakar fosil, yang menyebabkan meningkatnya emisi karbon.

Meskipun teori sistem dunia memiliki banyak pengikut, tidak sedikit pula kritik yang diarahkan kepadanya. Salah satu kritik utama adalah bahwa teori ini terlalu menitikberatkan pada pengaruh eksternal dalam dinamika global, tetapi mengabaikan kondisi internal di dalam suatu negara. Tanpa adanya infrastruktur domestik yang memadai, peluang yang ada dari hubungan internasional mungkin sulit dimanfaatkan. Selain itu, teori ini cenderung fokus pada pola interaksi ekonomi antara negara-negara inti, semi-periferi, dan periferi, namun kurang memperhatikan hubungan produksi antara pemilik modal dan pekerja di dalam negeri. Kritik lainnya menyebutkan bahwa teori sistem dunia memberikan porsi perhatian yang terlalu besar pada aspek ekonomi, sementara faktor regulasi dan kebijakan antarnegara justru dianggap kurang diperhitungkan dalam analisisnya.

3. Teori Malthusian

Teori Malthusian menjelaskan bahwa populasi akan meningkat pada tingkat geometris, sementara produksi makanan hanya akan meningkat pada tingkat aritmetika. Akibatnya, jika populasi tidak dikendalikan, pertumbuhan populasi akan melampaui pasokan makanan, yang pada akhirnya akan menyebabkan kerusakan bagi masyarakat dan ekonomi (Unat, 2020)

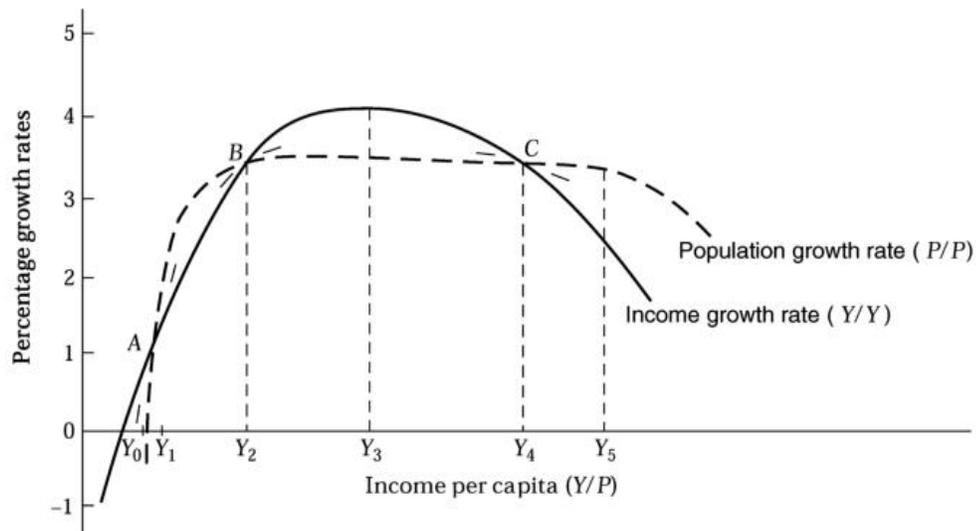


Gambar 2.2 Skema Teori Malthusian

Thomas Robert Malthus mengemukakan kekhawatiran mengenai potensi terjadinya krisis pangan di masa depan. Kekhawatiran ini berakar pada teorinya yang menyatakan bahwa pertumbuhan populasi manusia cenderung meningkat dengan pola eksponensial, sedangkan kapasitas produksi pangan hanya tumbuh secara aritmetika. Dalam pandangan Malthus, deret eksponensial menunjukkan pertumbuhan dengan kelipatan ganda seperti 1, 2, 4, 8, dan seterusnya, sementara deret aritmetika memperlihatkan pertumbuhan yang stabil dengan penambahan angka tetap seperti 1, 2, 3, 4, dan seterusnya. Melalui teorinya, Malthus memperingatkan bahwa generasi di masa mendatang kemungkinan besar akan menghadapi tantangan yang lebih serius terkait ketersediaan pangan dibandingkan dengan generasi sebelumnya (Pieris, 2015).

Dalam kajiannya, Baja, (2012) membahas simulasi pertumbuhan populasi dunia yang berlangsung secara alami dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber daya, tingkat konsumsi pangan, serta ancaman polusi di tanah, air, dan udara. Simulasi ini menunjukkan bahwa jika tidak ada intervensi berupa kebijakan atau inovasi teknologi, dunia akan menghadapi krisis besar di masa depan, termasuk penurunan populasi yang drastis atau "population crash," yang dipicu oleh tingginya angka kematian akibat kelangkaan pangan, lahan subur, serta layanan kesehatan yang memadai.

Teori Malthus mendapatkan kritik karena berpotensi menyebabkan Malthusian Population Trap. Menurut Malthus, satu-satunya cara untuk memperbaiki kualitas hidup atau menghindari kemiskinan ekstrem adalah dengan melakukan pengendalian kelahiran secara moral dalam populasi. Analisis Malthus tentang populasi yang hidup pada tingkat pendapatan subsisten sebagai "perangkap populasi keseimbangan tingkat rendah" atau Perangkap Populasi Malthus. (Luthfi et al., 2019)



Gambar 2.3 Kurva *Malthusian Population Trap*

Gambar 2.3 Model perangkap populasi Malthus menggambarkan korelasi antara laju pendapatan perkapita dengan pertumbuhan penduduk. Pada kondisi pendapatan yang terendah, tidak terjadi pertumbuhan populasi karena tidak terjadi kelahiran atau kematian, yang mengindikasikan kondisi kemiskinan absolut dan kestabilan jumlah populasi. Kurva intermiten memperlihatkan korelasi antara pendapatan perkapita dengan tingkat pertumbuhan populasi.

Ketika tingkat pendapatan perkapita bertambah dan telah melebihi kondisi terendah (Y_0), jumlah penduduk mulai meningkat akibat penurunan angka kematian. Peningkatan pendapatan tersebut berkontribusi pada pengurangan kelaparan dan prevalensi penyakit. Di titik Y_2 , diasumsikan bahwa tingkat kelahiran mencapai maksimum, dengan kelahiran stabil pada tingkat biologis tertinggi dan populasi akan stagnan pada tingkat pendapatan Y_5 . Setelah Y_5 , tingkat kelahiran mulai menurun, sehingga kurva pertumbuhan populasi juga berkurang. Ketika pendapatan per kapita berada pada titik tertentu (Y_3), kurva peningkatan pendapatan stagnan dan mulai menunjukkan penurunan. Hal ini diakibatkan oleh penggunaan lebih banyak modal

investasi dan tenaga kerja untuk mengolah tanah yang tetap jumlahnya, yang mengarah pada hasil yang semakin berkurang menurut Teori Malthus.

Kurva ini berpotongan di tiga titik: A, B, dan C. Titik A adalah titik keseimbangan stabil yang menunjukkan tingkat pendapatan per kapita (Y_1) dalam model perangkap Malthus. Salah satu kondisi yang dapat terjadi adalah perubahan keseimbangan. Contohnya jika pendapatan per kapita meningkat dari Y_1 ke Y_2 , laju pertumbuhan populasi akan lebih cepat daripada pertumbuhan pendapatan agregat, yang menyebabkan penurunan pendapatan per kapita. Akibatnya, kurva yang menuju ke arah titik A menunjukkan bahwa tingkat pendapatan per kapita berangsur-angsur akan kembali turun ke titik Y_1 , dan ini berlaku untuk semuanya. Sebaliknya, di area kiri titik A di mana pendapatan per kapita lebih tinggi daripada laju pertumbuhan populasi, keseimbangan pendapatan akan meningkat ke Y_1 .

Titik B merupakan titik kesetimbangan yang tidak stabil. Sebelum penerapan kontrol positif Malthus, apabila pendapatan per kapita meningkat secara progresif (contohnya karena adanya investasi skala besar), maka pendapatan per kapita akan naik ke titik ekuilibrium stabil yang baru, yaitu terus meningkat sampai mencapai titik ekuilibrium stabil yang baru. mencapai titik keseimbangan per kapita, titik C. Pendapatan mencapai level Y_4 . Titik B disebut titik kesetimbangan tak stabil karena akan terus bergerak ke arah titik A atau C, tanpa memedulikan apakah titik tersebut ke kiri atau ke kanan.

2.2 Ekonometrika Deret Waktu

Deret waktu mengacu pada serangkaian pengamatan suatu variabel yang dicatat pada interval waktu yang teratur. Data ini sering digunakan dalam analisis ekonomi untuk menguji pola perubahan variabel dari waktu ke waktu. Pertama kali diperkenalkan oleh Ragnar Frisch, ekonometrika merupakan cabang ilmu yang menggabungkan teori ekonomi, matematika bisnis, dan statistik untuk mengukur fenomena ekonomi. (Gujarati, 2011).

Perbedaan utama antara analisis deret waktu dengan analisis ekonometrik lainnya adalah fokusnya pada data deret waktu itu sendiri, yang dapat diolah untuk menarik kesimpulan yang dapat bermanfaat bagi *policy maker* untuk kedepannya. Dengan keunikan data deret waktu, hal ini dapat memudahkan penggunaan berbagai teknik analisis untuk mengeksplorasi informasi yang terkandung dalam data deret waktu. (Ekananda, 2016).

2.3. Vector Autoregressive (VAR)

Christopher Sims pada tahun 1990 memperkenalkan untuk pertama kali model vektor autoregresif (VAR). Menurut Sims jika terdapat hubungan yang simultan antara variabel yang dianalisis, maka semua variabel harus disamaratakan perlakuannya sama tanpa membedakan antara variabel endogen dan eksogen (Gujarati, 2011). Secara umum, model VAR digunakan untuk menjelaskan independensi dan hubungan sebab akibat diantara tiap variabel. Model ini adalah salah satu sistem *dynamic equation* di mana prediksi sebuah variabel pada periode tertentu dengan memperhatikan perilaku variabel itu sendiri, serta variabel lain dengan mempertimbangan periode waktu yang telah lampai. Kegunaan VAR adalah antara lain untuk: (1) *forecasting* ekonomi. (2) melakukan perancangan serta evaluasi model ekonomi yang ada (3) melakukan evaluasi dampak dari alternatif kebijakan (Harris & Sallis, 2003).

Menurut Gujarati, analisis VAR memiliki beberapa kelebihan, yaitu: sederhana (tidak perlu memisahkan variabel independen dan dependen), mudah diestimasi menggunakan kuadrat terkecil biasa (OLS), dan lebih akurat dibandingkan metode lain yang lebih kompleks. Analisis VAR memiliki beberapa kelebihan, yaitu: hasil estimasi yang kuat (Gujarati, 2011). Berbeda dengan model ekonomi makro tradisional, yang berasumsi bahwa dalam kondisi tertentu model yang diestimasi dapat digunakan untuk memprediksi sistem politik yang berbeda, ini adalah pendekatan di mana parameter yang diestimasi tetap konsisten di berbagai bidang kebijakan dan model ekonomi. Hal ini menunjukkan bahwa mungkin saja tidak relevan. VAR, di sisi lain, memberikan wawasan berdasarkan keluaran model yang merespons guncangan

ekonomi dan menggunakan data historis untuk mengamati respons jangka panjang (Ekananda, 2016).

2.4. Stasioneritas

Uji Stasioner adalah salah satu dari beberapa langkah penting dalam analisis deret waktu karena menggambarkan pola perilaku ekonomi dari waktu ke waktu (Ekananda, 2016). Uji stasioneritas diperlukan karena variabel makroekonomi umumnya tidak bersifat stasioner. Data dapat dikatakan telah stasioner apabila tidak terdapat perubahan signifikan dalam data tersebut (Kurniarahma et al., n.d.). Pengujian ini esensial untuk menghindari kesalahan dalam menarik kesimpulan. Pada data yang stasioner, sifat statistik masa depan dapat diprediksi dengan menggunakan data historis (Rosadi, 2011).

Suatu deret waktu dikatakan stasioner jika mean dan variansnya tetap konstan sepanjang periode yang dianalisis. Ada dua jenis stasioneritas: stasioneritas terhadap mean dan stasioneritas terhadap varians. Metode pengujian stasioneritas antara lain analisis grafis; fungsi autokorelasi (ACF), korelogram, serta uji akar unit (unit root test), seperti Uji Dickey-Fuller. Jika data tidak stasioner, maka diferensiasi perlu dilakukan untuk mengatasi ketidakstasioneran, yang biasanya dituliskan dalam bentuk umum sebagai berikut:

$$\nabla^d Y_t = (1 - B)Y_t$$

Oleh karena itu, diferensiasi pertama dinotasikan sebagai berikut:

$$\nabla^d Y_t = (1 - B)Y_t = Y_t - B_y = Y_t - Y_{t-1}$$

Jika data masih belum stasioner setelah diferensiasi pertama, maka diperlukan diferensiasi tahap kedua dengan notasi berikut:

$$\nabla^2 Y_t = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2}) = \nabla Y_t - \nabla Y_{t-1}$$

keterangan:

Y_t : observasi di waktu (t),

Y_{t-1} : observasi di waktu (t-1),

∇Y_t : diferensiasi pertama di waktu (t),

$\nabla^2 Y_t$: diferensiasi kedua di waktu (t),

$\nabla^d Y_t$: diferensiasi ke-d di waktu (t).

2.6. Penentuan Lag Optimum

Hubungan tiap variabel antara terikat (Y) serta variabel bebas (X) seringkali tidak bersifat langsung. Variabel Y sering kali merespons X dengan tingkat perbedaan waktu tertentu, yang disebut lag. Pada persamaan VAR, menentukan panjang lag yang tepat sangatlah penting karena variabel terikat merupakan lag dari variabel bebas dan dapat memiliki pengaruh atas diterima atau ditolaknya hipotesis pengujian. Pengujian lag optimal dapat menyelesaikan masalah autokorelasi pada sistem VAR (Ekananda, 2016).

Lag optimal dipilih sebagai penundaan dengan nilai AIC minimum sesuai dengan rumus berikut::

$$AIC = e^{\frac{2k}{n}} \frac{\sum_{t=1}^n RSS}{n}$$

Dimana:

e : 2,718

k : jumlah variabel respon,

n : jumlah pengamatan,

RSS : residual sum of squares,

t : waktu.

2.6. Kointegrasi

Kointegrasi adalah sebuah konsep ekonometrik, dimana menggambarkan keselarasan antara fluktuasi beberapa data dalam jangka waktu tertentu (Ekananda, 2016)..

Kointegrasi artinya ketika lebih dari satu deret waktu berada dalam hubungan keseimbangan jangka panjang, deret waktu tersebut bergerak bersama dan selisih di antara keduanya tetap stabil, meskipun setiap deret waktu tidak stasioner. Kointegrasi menunjukkan adanya hubungan dalam jangka panjang antar variabel yang telah stasioner pada tingkatan yang sama (Harris & Sollis, 2003).

Uji kointegrasi memeriksa apakah terdapat keseimbangan jangka panjang antar variabel yang diperiksa. Jika variabel-variabel ini terkointegrasi, hubungan yang stabil akan terjalin seiring berjalannya waktu. Jika ditemukan kointegrasi, pemodelan sebaiknya menggunakan model koreksi kesalahan vektor (VECM) dan bukan VAR. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk uji kointegrasi antara lain uji kointegrasi Engle-Granger (EG), regresi kointegrasi Durbin-Watson, dan uji kointegrasi Johansen.. (Harris & Sollis, 2003).

$$\lambda_{trace} = -T \sum_{i=m+1}^M \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$$

$$\lambda_{Max} = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{m+i})$$

Dimana:

T : jumlah pengamatan,

M : jumlah variabel,

λ : estimasi nilai eigen yang diperoleh berdasarkan estimasi II.

Adapun hipotesis adalah sebagai berikut:

$H_0 : m = 0$ (tidak memiliki persamaan kointegrasi)

$H_a : m > 0$ (memiliki persamaan kointegrasi)

Jika *statistic value* melebihi nilai critical value dari tabel yang digunakan, atau jika apabila *probability* nilainya menunjukkan angka yang tidak lebih besar dari signifikansi, maka hipotesis (H_0) diterima, yang artinya terdapat kointegrasi.

2.7. Vector Error Correction Model (VECM)

VECM diterapkan untuk mengatasi masalah pada data runtun waktu yang tidak stasioner serta mengatasi permasalahan regresi yang mengalami divergensi (Harris & Sollis, 2003). Dalam model VECM, setiap variabel dipengaruhi oleh nilai masa lalunya dan variabel lain dalam sistem. VECM memperhitungkan fluktuasi data akibat tren jangka panjang dan digunakan untuk menganalisis peningkatan variabel dependen yang disebabkan oleh ketidakseimbangan antara beberapa variabel. VECM merupakan bentuk terbatas dari model VAR yang berfokus pada kointegrasi (jangka panjang) namun tetap melihat hubungan jangka pendek. Model ini digunakan untuk data yang tidak stasioner namun terkointegrasi dengan faktor penyesuaian atau error Correction Term (ECT) yang menunjukkan seberapa cepat suatu variabel kembali ke tren jangka panjangnya.

2.8. Impulse Response Function

Impulse Response Function (IRF) digunakan untuk menunjukkan efek guncangan yang terjadi pada satu variabel, serta variabel lain dalam suatu sistem. Guncangan pada satu variabel akan menyebabkan perubahan pada diri sendiri dan pada gilirannya akan memengaruhi variabel lainnya. Analisis IRF dapat digunakan untuk lebih memahami durasi dampak guncangan dan variabel mana yang menyebabkan respons terbesar. (Saskara & Batubara, 2015).

IRF adalah fitur utama analisis VAR dan VECM yang memungkinkan peneliti memahami bagaimana variabel terikat bereaksi dalam sistem. Respons tersebut bisa berupa positif, negatif, atau tidak ada respons sama sekali. Respons yang ditunjukkan oleh IRF dapat dipahami melalui grafik: jika respons positif, grafik akan berada di atas garis nol; jika negatif, grafik akan berada di bawah garis nol; dan jika tidak ada respons, grafik akan datar mendekati garis nol.

$$\begin{vmatrix} y_t \\ z_t \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \bar{y}_t \\ \bar{z}_t \end{vmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{vmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} \\ \phi_{21} & \phi_{22} \end{vmatrix}^i \begin{vmatrix} u_{yt-1} \\ u_{zt-1} \end{vmatrix}$$

2.9. Variance Decomposition (VD)

Variance Decomposition (VD) bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perubahan suatu variabel dalam suatu sistem dipengaruhi oleh guncangan pada variabel itu sendiri dibandingkan dengan dampak guncangan terhadap variabel lain yang digunakan. VD merupakan konsep yang menguraikan seluruh varians menjadi kontribusi varians variabel lain, yang memungkinkan kita untuk menentukan bagian mana dari variansi total yang disebabkan oleh variabel tertentu. Persamaan dalam metode VD adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\delta_y(n)^2 &= \delta_y[\varphi_{11}(0)^2 + \varphi_{11}(1)^2 + \dots + \varphi_{11}(n-1)^2] \\ &\quad + \delta_x[\varphi_{12}(0)^2 + \varphi_{12}(1)^2 + \dots + \varphi_{12}(n-1)^2]\end{aligned}$$

VD sangat terkait erat dengan IRF. Keduanya fokus melihat hubungan antar variabel. IRF dan VD bersifat saling melengkapi antara satu dengan yang lain, dimana keduanya dapat menggambarkan perubahan sistem serta peran masing-masing variabel dalam perubahan dan fluktuasi variabel lainnya.

VD dari Y adalah proporsi komponen varians yang berasal dari variabel lain dalam persamaan VECM yang membentuk prediksi varians pada Y akibat guncangan pada variabel Y itu sendiri. Jika VECM hanya terdiri dari dua variabel, X dan Y, maka proporsi komponen varians X adalah:

$$\frac{\delta_x[\varphi_{12}(0)^2 + \varphi_{12}(1)^2 + \dots + \varphi_{12}(n-1)^2]}{\delta_x(n)^2}$$

Sedangkan proporsi komponen varians Y adalah :

$$\frac{\delta_y[\varphi_{11}(0)^2 + \varphi_{11}(1)^2 + \dots + \varphi_{11}(n-1)^2]}{\delta_y(n)^2}$$

Analisis Variance Decomposition (VD) adalah alat dalam analisis VECM yang bertujuan untuk menggambarkan komponen yang membentuk ramalan varians. (Ekananda, 2016).

2.10. Tinjauan Empiris

Tabel 2.1 Tinjauan Empiris

No	Peneliti	Judul	Variabel	Metode	Hasil
1	Xuanyu Liu, Meilin Zhao, dan Qinghong Miao (2023)	<i>Global carbon dioxide emissions analysis based on time series visualization</i>	Penelitian ini menggunakan data emisi karbon dioksida (CO ₂) dari 159 negara dan wilayah dari tahun 1960 hingga 2016. Data tersebut diklasifikasikan berdasarkan tingkat pendapatan dan wilayah geografis. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan beberapa indikator jaringan kompleks, seperti jumlah sisi, panjang lintasan rata-rata, koefisien pengelompokan rata-rata, dan derajat rata-rata.	Penelitian ini menggunakan metode visualisasi seri waktu untuk mengubah data Emisi Karbon menjadi jaringan kompleks. Metode ini memungkinkan untuk mengungkap informasi tersembunyi yang mungkin berguna dalam mengurangi emisi. Selanjutnya, penelitian ini juga menggunakan metode k-means untuk mengelompokkan negara-negara berdasarkan karakteristik jaringan mereka.	Ada korelasi yang jelas antara data Emisi Karbon total dan tingkat pembangunan ekonomi. Data Emisi Karbon negara-negara dengan tingkat pembangunan ekonomi yang lebih tinggi tetap stabil hingga tahun 2005, tetapi setelah tahun 2005, Emisi Karbon mereka disalip oleh negara-negara dengan tingkat menengah, menengah, dan tinggi.
2	Ting Wei, Junliang Wu, dan	<i>Keeping Track of Greenhouse</i>	Emisi gas rumah kaca (GRK) per	Penelitian ini menggunakan data dari basis data	Penelitian ini menemukan bahwa kota-

	Shaoqing Chen (2021)	<i>Gas Emission Reduction Progress and Targets in 167 Cities Worldwide</i>	sektor, per kapita, dan total dari 167 kota di seluruh dunia, serta target mitigasi GRK yang ditetapkan oleh kota-kota tersebut.	publik C40 Cities dan CDP (Carbon Disclosure Project) untuk menghitung inventaris emisi GRK kota, menganalisis perubahan emisi historis, dan menilai target mitigasi GRK kota dari 2020 hingga 2050. Penelitian ini juga mengklasifikasikan kota berdasarkan tingkat perkembangan dan kontribusi sektoral emisi GRK.	kota Asia adalah emiten GRK terbesar secara total, tetapi kota-kota di negara-negara maju masih memiliki emisi GRK per kapita yang lebih tinggi daripada kota-kota di negara-negara berkembang.
3	Dr. Yosuke Arino dan Dr. S.V.R.K. Prabhakar (2023)	<i>The ASEAN State of Climate Change Report (ASCCR)</i>	Emisi gas rumah kaca (GHG), suhu global, kapasitas adaptasi dan ketahanan, pertumbuhan ekonomi dan populasi, pemulihan hijau, keuangan iklim, dan kapasitas ilmiah iklim.	Analisis dokumen, proyeksi skenario, dan pengembangan visi untuk mengevaluasi status saat ini dan masa depan ASEAN dalam menghadapi perubahan iklim dan memberikan rekomendasi aksi regional untuk adaptasi dan mitigasi	Negara-negara ASEAN telah menetapkan target netral karbon yang berbeda-beda, tetapi masih kurang mencukupi untuk konsisten dengan tujuan suhu Paris Agreement. Laporan ini menekankan perlunya meningkatkan akses keuangan iklim dan transfer pengetahuan dan teknologi untuk mendukung transisi cepat dan adil

					menuju netral karbon.
4	Riska Juliani, Dwi Rahmayani, Naswa Tabriza Akmalia, Lisa Fatkul Janah (2021)	Analisis Kausalitas Pariwisata, Konsumsi Energi Fosil, Pertumbuhan Ekonomi dan Emisi Karbon di Indonesia	Variabel dependen adalah Emisi Karbon, sedangkan variabel independen adalah pariwisata (jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia), konsumsi energi fosil, dan pertumbuhan ekonomi.	Penelitian ini menggunakan metode Vector Error Correction Model (VECM) untuk menganalisis hubungan kausalitas antara variabel-variabel yang digunakan. Data yang digunakan adalah data runtut waktu (time series) dari tahun 1971 hingga 2019	Penelitian ini menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, variabel pariwisata dan pertumbuhan ekonomi berpengaruh negatif dan signifikan terhadap Emisi Karbon, sedangkan variabel konsumsi energi fosil tidak berpengaruh signifikan.
5	Daaki Sadat Ssekibaala, Muhammad Irwan Ariffin dan Jarita Duasa (2021)	Pertumbuhan ekonomi, perdagangan internasional, dan degradasi lingkungan di Afrika Sub-Sahara	Penelitian ini menggunakan tiga indikator untuk mengukur degradasi lingkungan, yaitu emisi karbon dioksida (CO ₂) per kapita, emisi partikel halus (PM _{2.5}) per kapita, dan deforestasi. Penelitian ini juga menggunakan pendapatan per kapita riil, rasio modal-tenaga kerja, intensitas perdagangan internasional, investasi langsung asing,	Penelitian ini menggunakan data panel tahunan dari 41 negara Afrika Sub-Sahara untuk periode antara 1990 dan 2017. Penelitian ini menggunakan teknik estimasi variabel dummy kuadrat terkecil yang dikoreksi bias (LSDVC) untuk menguji hipotesis kurva Kuznets lingkungan (EKC), hipotesis surga polusi (PHH), dan hipotesis endowmen faktor (FEH).	Penelitian ini menemukan bahwa hipotesis EKC berlaku untuk emisi PM _{2.5} dan deforestasi, tetapi tidak untuk Emisi Karbon I. Penelitian ini juga menemukan bahwa perdagangan internasional mengurangi deforestasi dan bahwa PHH dan FEH berlaku untuk Emisi Karbon, tetapi tidak untuk emisi PM _{2.5} dan

			konsumsi energi, dan ratifikasi Protokol Kyoto sebagai variabel independen.		deforestasi ² . Penelitian ini menyarankan bahwa negara-negara Afrika Sub-Sahara dapat mencapai tujuan pertumbuhan ekonomi tanpa mengorbankan kualitas lingkungan dengan mengadopsi kebijakan yang sesuai.
6	Jeyhun I. Mikayilov, Marzio Galeotti, dan Fakhri J. Hasanov, (2018).	<i>The impact of economic growth on CO2 emissions in Azerbaijan</i>	Emisi Karbon per kapita, PDB per kapita, dan tren waktu.	Analisis kointegrasi dengan menggunakan lima metode berbeda: Johansen, ARDLBT, DOLS, FMOLS, dan CCR.	Penelitian ini menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi memiliki dampak positif dan signifikan terhadap Emisi Karbon dalam jangka panjang. Elastisitas pendapatan Emisi Karbon diperkirakan antara 0,7 dan 0,8. Penelitian ini juga memberikan beberapa implikasi kebijakan untuk mengurangi emisi karbon, seperti meningkatkan efisiensi

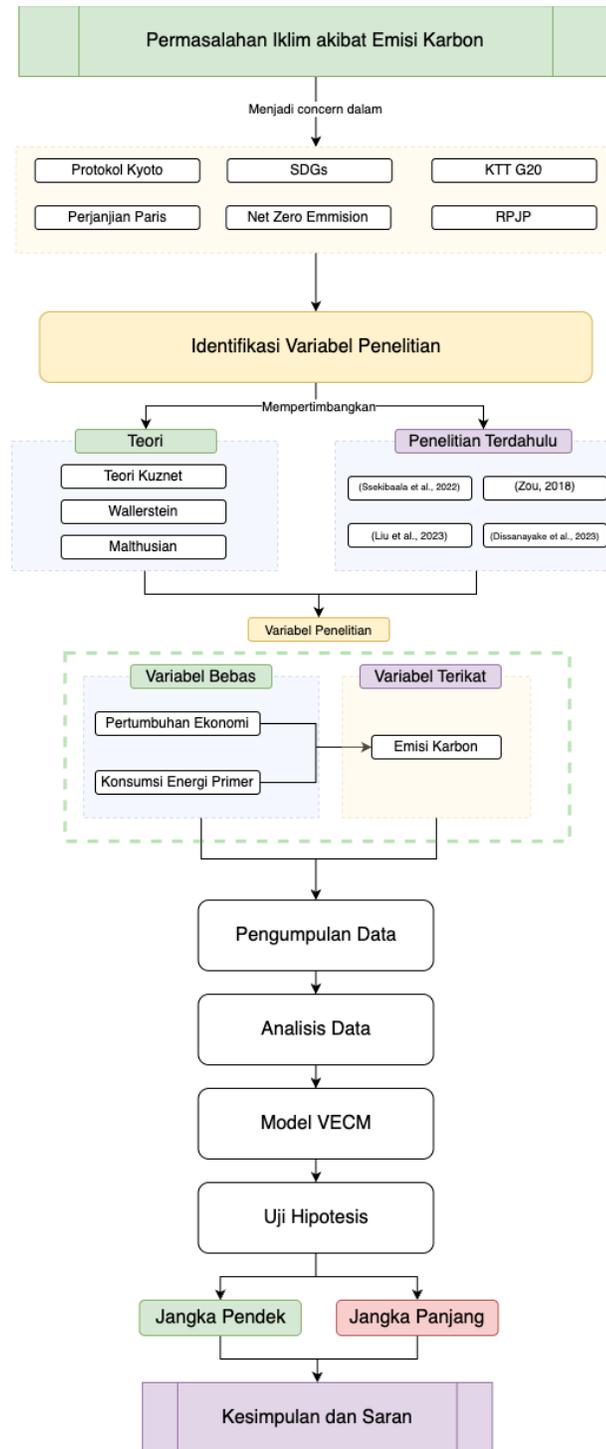
					energi, menerapkan instrumen harga karbon, dan meningkatkan kesadaran sosial tentang dampak negatif polusi.
7	Yuriy Bilan, Dalia Streimikienė, Tetyana Vasylieva, Oleksii Lyulyov, Tetyana Pimonenko, dan Anatolii Pavlyk (2019)	<i>Linking between Renewable Energy, CO2 Emissions, and Economic Growth: Challenges for Candidates and Potential Candidates for the EU Membership.</i>	Penelitian ini menggunakan variabel berikut: Produk Domestik Bruto (GDP), Konsumsi Energi Primer (RE), Emisi Karbon, investasi modal tetap (K), dan tenaga kerja (L). Penelitian ini juga mempertimbangkan faktor stabilitas politik dan makroekonomi di negara-negara yang diteliti.	Penelitian ini menggunakan metode analisis data panel, seperti panel unit root tests, Pedroni panel cointegration tests, fully modified OLS (FMOLS), dynamic OLS (DOLS) panel cointegration techniques, dan Vector Error Correction model (VECM).	Penelitian ini menemukan adanya hubungan antara RE, CO2, dan GDP di negara-negara Uni Eropa, negara-negara kandidat, dan negara-negara potensial kandidat untuk keanggotaan Uni Eropa. Hasilnya menunjukkan bahwa RE memiliki dampak positif terhadap GDP di negara-negara Uni Eropa, tetapi dampak negatif di negara-negara kandidat dan potensial kandidat. Selain itu, hasilnya juga menunjukkan bahwa CO2 memiliki dampak

					positif terhadap GDP di negara-negara Uni Eropa, tetapi dampak negatif di negara-negara kandidat dan potensial kandidat.
8	Gregory Casey dan Oded Galor, (2016).	<i>Population Growth and Carbon Emissions.</i>	Emisi karbon, populasi, pendapatan per kapita, struktur usia, urbanisasi, dan perdagangan.	Regresi STIRPAT (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology) dan model ekonomi-demografi Nigeria.	Penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan fertilitas dapat meningkatkan pendapatan per kapita dan menurunkan emisi karbon secara bersamaan, menghilangkan trade-off yang biasa terjadi dalam kebijakan lingkungan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan elastisitas emisi karbon terhadap populasi dan pendapatan per kapita, yang diperkirakan melalui regresi STIRPAT.
9	Muhammad Farhan Bashir, Benjiang MA,	<i>The nexus between environmental tax and carbon</i>	Emisi karbon (CO ₂), Konsumsi Energi Primer (RE),	System-GMM dan regresi kuantil panel.	Penelitian ini mengevaluasi dampak pajak lingkungan, energi

<p>Muhammad Shahbaz, Zhilun Jiao. Tahun (2020)</p>	<p><i>emissions with the roles of environmental technology and financial development</i></p>	<p>pertumbuhan ekonomi (EG), pajak lingkungan (ET), pengembangan teknologi lingkungan (DET), dan pengembangan keuangan (FD).</p>	<p>terbarukan, teknologi lingkungan, dan pengembangan keuangan terhadap emisi karbon di negara-negara OECD dari tahun 1995 hingga 2015. Hasil analisis empiris menunjukkan bahwa pajak lingkungan berpengaruh negatif terhadap emisi karbon; pertumbuhan ekonomi menghambat kualitas lingkungan dengan meningkatkan emisi karbon. Selanjutnya, Konsumsi Energi Primer, teknologi lingkungan, dan pengembangan keuangan meningkatkan kualitas lingkungan dengan menurunkan emisi karbon. Penelitian ini menyarankan agar perubahan kebijakan untuk</p>
--	--	--	---

mendorong pertumbuhan ekonomi berkelanjutan dan kualitas lingkungan harus mencegah degradasi lingkungan, tetapi juga mendorong investasi yang lebih besar.

2.11. Kerangka Pemikiran



Gambar 2.4 Kerangka Pemikiran

Permasalahan Iklim merupakan salah satu permasalahan yang menjadi perhatian utama dari tiap negara di Dunia tak terkecuali Indonesia. Terjadinya permasalahan iklim ini, diindikasikan dengan tingginya nilai emisi karbon.

Tingginya nilai emisi karbon dipengaruhi oleh banyak faktor. Dalam penelitian ini peneliti akan menganalisis dampak dari GDP per kapita (+), dan Konsumsi Energi Primer (+) terhadap emisi karbon di Indonesia Selain itu, peneliti juga akan melihat bagaimana upaya pemerintah tiap negara dalam mengatasi permasalahan tersebut.

2.12. Hipotesis

Berdasarkan latar belakang, tinjauan empiris, rumusan masalah, dan tujuan, hipotesis sementara penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diduga terdapat pengaruh dalam jangka pendek dan panjang dari tingkat GDP per kapita terhadap Emisi Karbon di Indonesia.
2. Diduga terdapat pengaruh dalam jangka pendek dan panjang dari Konsumsi Energi Primer terhadap Emisi Karbon di Indonesia

III. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Studi ini mengadopsi pendekatan kuantitatif dengan desain deskriptif untuk mengeksplorasi dan mengkaji hubungan, kausalitas, serta prediksi antara variabel-variabel GDP per Kapita, Konsumsi Energi Primer, dan Emisi Karbon di Indonesia. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan analisis kuantitatif deskriptif untuk menilai kebijakan ekonomi yang diterapkan di berbagai negara guna mengurangi emisi karbon.

3.2. Jenis dan Sumber Data

Studi ini memanfaatkan data deret waktu dari tahun 1965 hingga 2023 untuk menganalisis pengaruh variabel-variabel yang diteliti berdasarkan ketersediaan data yang memadai. Dalam penelitian ini, variabel independen yang digunakan adalah GDP per Kapita, dan Konsumsi Energi Primer, sementara variabel dependen yang dianalisis adalah Emisi Karbon.

Penelitian ini mengandalkan data sekunder yang diperoleh dari World Bank. Variabel-variabel yang dianalisis dalam studi ini dirangkum pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Variabel, Simbol, Satuan, dan Sumber Data

Variabel	Symbol	Satuan	Sumber Data
GDP per Kapita	GDP	USD	World Bank
Konsumsi Energi Primer	PRIMARY	TWh	World Bank
Emisi Karbon	EMISSION	Juta Ton	World Bank

3.3. Lokasi dan Waktu

Penelitian ini menggunakan lokasi penelitian pada wilayah Indonesia dengan periode penelitian selama rentang tahun 1965 s.d. 2023.

3.4. Definisi Operasional Variabel

Berikut adalah penjelasan lebih lanjut tentang definisi operasional variabel dalam model penelitian yang digunakan:

1. Emisi Karbon

Emisi karbon adalah variabel dependen yang digunakan sebagai proksi degradasi lingkungan. CO₂ merupakan polutan utama dalam komposisi gas rumah kaca dan diukur dalam satuan ton. Emisi karbon terutama dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil dan deforestasi. Tingginya emisi CO₂ dapat merusak lapisan udara dan mengganggu aktivitas ekonomi, serta menjadi penyebab signifikan penurunan kualitas lingkungan. Perhitungan emisi mencakup sektor industri, transportasi, gedung, dan pembakaran lainnya.

2. GDP per Kapita

GDP per kapita merupakan salah satu indikator penting untuk mengukur tingkat kesejahteraan atau pendapatan rata-rata masyarakat di suatu negara. Secara sederhana, GDP per kapita dihitung dengan membagi nilai PDB suatu negara dengan jumlah penduduknya, sehingga menghasilkan angka yang menggambarkan pendapatan rata-rata per individu dalam suatu negara. Peningkatan GDP per kapita menunjukkan adanya peningkatan kesejahteraan masyarakat, yang umumnya diikuti oleh peningkatan kualitas hidup dan akses terhadap berbagai layanan, seperti pendidikan, kesehatan, dan infrastruktur.

Sama seperti PDB, GDP per kapita juga dapat dihitung dalam bentuk riil, yang disesuaikan dengan inflasi untuk melihat pertumbuhan sebenarnya. Hal ini penting karena dengan menghilangkan pengaruh inflasi, GDP per kapita riil dapat memberikan

gambaran yang lebih akurat mengenai perkembangan ekonomi dan peningkatan pendapatan masyarakat dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, GDP per kapita sering digunakan sebagai alat perbandingan antarnegara dan untuk menilai kesenjangan ekonomi, serta efektivitas kebijakan ekonomi yang diterapkan.

Penting juga untuk memperhatikan bahwa meskipun GDP per kapita memberikan informasi tentang tingkat pendapatan rata-rata, angka ini tidak sepenuhnya mencerminkan distribusi pendapatan dalam masyarakat. Negara dengan GDP per kapita tinggi tidak selalu menjamin pemerataan kesejahteraan, karena faktor seperti ketimpangan pendapatan dan akses terhadap sumber daya juga memainkan peran penting dalam kesejahteraan sosial.

3. Konsumsi Energi Primer

Konsumsi Energi Primer menurut World Bank diukur sebagai jumlah total energi yang digunakan oleh suatu negara atau wilayah dalam periode tertentu, termasuk energi yang digunakan untuk pembangkit listrik, transportasi, industri, dan sektor lainnya. Konsumsi energi primer mencakup berbagai sumber energi, baik yang berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara, maupun dari sumber energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, hidroelektrik, dan biomassa.

Dalam analisis ekonomi dan lingkungan, konsumsi energi primer menjadi indikator penting yang mencerminkan tingkat perkembangan suatu negara. Negara dengan tingkat konsumsi energi yang tinggi umumnya memiliki aktivitas ekonomi yang lebih besar, terutama di sektor industri dan transportasi. Namun, peningkatan konsumsi energi juga membawa konsekuensi terhadap keberlanjutan lingkungan, terutama jika sebagian besar energi yang digunakan masih berasal dari bahan bakar fosil yang menghasilkan emisi karbon.

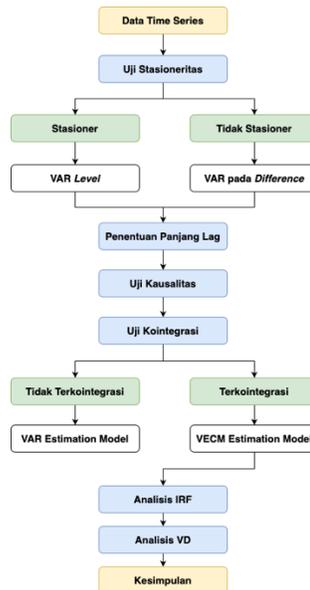
Diversifikasi energi menjadi salah satu strategi yang diperlukan untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan meningkatkan ketahanan energi suatu negara.

Penggunaan energi terbarukan semakin menjadi fokus dalam kebijakan energi global, mengingat manfaatnya dalam mengurangi dampak lingkungan serta keberlanjutannya dalam jangka panjang. Selain itu, efisiensi energi juga menjadi perhatian utama, di mana optimalisasi penggunaan energi dapat membantu menekan konsumsi energi primer tanpa harus mengorbankan pertumbuhan ekonomi.

Dengan demikian, konsumsi energi primer tidak hanya mencerminkan kebutuhan energi suatu negara, tetapi juga menjadi indikator penting dalam merancang kebijakan energi yang berkelanjutan. Analisis terhadap konsumsi energi primer dapat membantu dalam memahami hubungan antara GDP per kapita, dan dampak lingkungan, sehingga dapat dirumuskan strategi yang tepat dalam pengelolaan sumber daya energi.

3.5. Metode Analisis Data

Teknik pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan analisis *timeseries* dengan memanfaatkan *software* Eviews. Adapun tahapan analisis data yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Alur Pengujian Ekonometika

3.5.1. Pengolahan dan Analisis Data

Data dikumpulkan dari World Bank dan dianalisis secara eksploratif untuk memeriksa karakteristik visual dan pergerakan data sepanjang waktu, menggunakan plot deret waktu untuk masing-masing variabel.

3.5.2. Uji Stasioneritas

Uji stasioneritas dilakukan dengan menggunakan uji akar unit, mengamati nilai statistik dari uji Dickey-Fuller serta plot fungsi autokorelasi (ACF). Jika data ditemukan tidak stasioner, maka langkah selanjutnya adalah melakukan diferensiasi pada data tersebut.

3.5.3. Uji Kointegrasi

Metode Johansen Cointegration Test digunakan untuk mengevaluasi hubungan jangka panjang antar variabel yang ada dalam penelitian ini.

3.5.4. Estimasi Model Penelitian

Estimasi dilakukan menggunakan dua pendekatan: VAR dan VECM. VAR digunakan jika uji kointegrasi menunjukkan tidak adanya hubungan jangka panjang antar variabel atau jika data tidak terkointegrasi. Sebaliknya, jika ditemukan kointegrasi, model VECM akan digunakan. Secara umum, estimasi pengaruh hubungan antar variabel jangka panjang dan jangka pendek dalam penelitian ini dapat diinterpretasikan seperti berikut:

$$EMISSION_{t-j} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{t-j} + \beta_s PRIMARY_{t-j} + \epsilon t$$

$$GDP_{t-j} = \beta_0 + \beta_1 PRIMARY_{t-j} + \beta_s EMISSION_{t-j} + \epsilon t$$

$$PRIMARY_{t-j} = \beta_0 + \beta_1 EMISSION_{t-j} + \beta_s GDP_{t-j} + \epsilon t$$

Dimana :

$EMISSION_t$ = Emisi Gas Karbondioksida (Juta Ton)

GDP_t = GDP per Kapita (USD)

$PRIMARY_t$ = Konsumsi Energi Primer (Tera-Watt Hour)

β_0 = Konstanta

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ = Koefisien

t = Tahun

j = Parameter (Lag 1, 2, dst)

ϵ_t = Error Term

3.5.5. Impulse Response Function (IRF) dan Variance Decomposition (VD)

IRF menggambarkan respons terhadap guncangan, baik yang berasal dari variabel itu sendiri maupun dari variabel lainnya dalam sistem. Sementara itu, VD menjelaskan sejauh mana perubahan pada suatu variabel dapat dipengaruhi oleh guncangan yang ditimbulkan oleh variabel lain.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, didapat kesimpulan antara lain:

1. Dalam jangka pendek, variabel GDP per Kapita tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap emisi karbon di Indonesia. Namun, dalam jangka panjang, GDP per Kapita memiliki pengaruh yang signifikan terhadap emisi karbon di Indonesia.
2. Dalam jangka pendek, variabel Konsumsi Energi Primer tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap emisi karbon di Indonesia. Akan tetapi, dalam jangka panjang, Konsumsi Energi Primer memiliki pengaruh signifikan terhadap emisi karbon di Indonesia.

5.2 Saran

Penelitian ini memiliki beberapa saran baik untuk penelitian selanjutnya ataupun pembuat kebijakan antara lain:

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk memasukkan variabel tambahan yang berkaitan langsung dengan efektivitas kebijakan energi dan lingkungan, seperti kontribusi energi terbarukan terhadap total bauran energi, investasi dalam teknologi hijau, serta tingkat efisiensi energi di sektor industri dan transportasi. Selain itu, analisis terhadap dampak dari kebijakan spesifik, seperti pajak karbon (*carbon tax*), perdagangan emisi (*emission trading system*), serta insentif energi bersih terhadap emisi karbon akan memberikan pemahaman yang lebih

menyeluruh. Pendekatan ini dapat memperkuat bukti empiris terkait sejauh mana kebijakan yang diterapkan mampu menurunkan emisi tanpa menekan pertumbuhan ekonomi.

2. Bagi pembuat kebijakan, hasil penelitian ini menegaskan perlunya desain kebijakan yang seimbang antara pertumbuhan ekonomi dan perlindungan lingkungan. Mengingat konsumsi energi primer yang tinggi menjadi kontributor utama emisi karbon, maka kebijakan yang mendukung transisi energi menjadi hal mendesak. Pemerintah perlu memperkuat implementasi kebijakan seperti:
 - a. Pemberian insentif fiskal untuk adopsi teknologi bersih dan investasi energi terbarukan, terutama di sektor industri padat energi.
 - b. Pengembangan regulasi efisiensi energi yang mencakup standar minimal konsumsi energi pada bangunan, kendaraan, dan peralatan industri.
 - c. Penerapan sistem perdagangan emisi karbon (cap-and-trade) sebagai upaya jangka panjang untuk menginternalisasi biaya eksternal dari emisi karbon, sebagaimana telah diterapkan di India melalui skema PAT Scheme.
 - d. Kolaborasi pusat-daerah dan sektor swasta untuk mempercepat infrastruktur energi bersih, termasuk energi surya, angin, dan hidro mini, sebagai pengganti dominasi energi berbasis fosil.

Dengan pendekatan ini, Indonesia tidak hanya dapat mengurangi emisi karbon secara signifikan, tetapi juga tetap menjaga jalur pertumbuhan ekonomi melalui pemanfaatan inovasi, efisiensi, dan diversifikasi sumber energi. Selain itu, kebijakan yang diarahkan secara strategis akan memperkuat posisi Indonesia dalam agenda pembangunan berkelanjutan di tingkat global.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanti, Y., Sasana, H., & Jalunggono, G. (2021). *DINAMIC: Directory Journal of Economic Volume 2 Nomor 3 Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Konsumsi Energi Terbarukan Di Indonesia Analysis Of Influencing Factors Renewable Energy Consumption In Indonesia 1*).
- Ahmad, A., Wahyudi, H., & Lestari, W. R. (2024). The Effect of GDP Per Capita, Population, and Income Inequality on CO2 Emissions in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(1), 365–370. <https://doi.org/10.32479/ijeep.15224>
- Aslam, B., Hu, J., Shahab, S., Ahmad, A., Saleem, M., Shah, S. S. A., Javed, M. S., Aslam, M. K., Hussain, S., & Hassan, M. (2021). The nexus of industrialization, GDP per capita and CO2 emission in China. *Environmental Technology and Innovation*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101674>
- Baja, S. (2012). *Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah*.
- Christofis, N. (2019). World-Systems Theory. In *The Palgrave Encyclopedia of Global Security Studies* (pp. 1–7). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74336-3_372-1
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431–455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Ekananda, M. (2016). *Analisis ekonometrika time series : teori lengkap dan pembahasan menyeluruh bagi penelitian ekonomi, manajemen dan akuntansi*. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=1183960#>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (2000). *Economic Growth and the Environment*.
- Gujarati, D. (2011). Econometrics by Example. In *Social Indicators Research*.
- Harris, R., & Sollis, R. (2003). *Applied Time Series Modelling and Forecasting*.
- Husna, Z. (2019). *Pengaruh Konsumsi Energi Dan Rezim Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia*.
- Kementerian ESDM. (2014). *PP No. 79 Thn 2014*.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia. (2021). *Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (Indonesia LTS-LCCR 2050)*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia. (2022). *Enhanced Nationally Determined Contribution Republic of Indonesia 2022*.
- Kurniarahma, L., Lorentino,), Laut, T., Panji,), Prasetyanto, K., & Ekonomi, F. (n.d.). *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi Co2 di Indonesia*.
- Limanseto, H. (2022). *Berbasis Kearifan Lokal, Pemerintah Kembangkan Potensi Wellness Tourism*. www.ekon.go.id
- Liu, X., Zhao, M., & Miao, Q. (2023). Global carbon dioxide emissions analysis based on time series visualization. *Frontiers in Physics, 11*. <https://doi.org/10.3389/fphy.2023.1201983>
- Luthfi, F., Pratama Susanto, B., & Widiastut, T. (2019). Critiques of Malthusian Population Trap (A Perspective of Islamic Economics). *KnE Social Sciences, 3*(13), 525. <https://doi.org/10.18502/kss.v3i13.4228>
- Moffatt, M. (2019). *Understanding Kuznets Curve*. <https://www.thoughtco.com/kuznets-curve-in-economics-1146122>
- Nurbandi, W., Sofia, I., Kartografi, A. P., Jauh, P., & Geografi, F. (2018). Kajian Perubahan Iklim Ditinjau dari Pengaruh Tingkat Gdp Per Kapita Terhadap Emisi Co2 di Asia Tenggara Tahun 1980-2014. In *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika* (Vol. 5, Issue 3).
- Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: Turning a black box into a policy tool. *Environment and Development Economics, 2*(4), 465–484. <https://doi.org/10.1017/S1355770X97000259>
- Pangestu, I., & Pambudi, A. (2024). Pengaruh Inflasi Dan Pengangguran Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. In *Desember* (Vol. 2024, Issue 2). <https://elegis.universitaspertamina.ac.id/index.php/ELEGIS/article/view/20>
- Pieris, K. W. D. (2015). *Ketahanan dan Krisis Pangan dalam Perspektif Malthus, Depedensi dan Gender (Women in Development)*.
- Pratiwi, I. A. M., Purbadharmaja, I. B. P., & Yasa, I. M. P. (2024). Does Growth Have an Impact on CO2 Emission in ASEAN Countries? *Jurnal Ekonomi Pembangunan*.

- Rahman, M. M., Saidi, K., & Mbarek, M. Ben. (2020). Economic growth in South Asia: the role of CO₂ emissions, population density and trade openness. *Heliyon*, 6(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03903>
- Reneri Arista, T., & Amar, S. (2019). *Analisis Kausalitas Emisi Co₂, Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi, Dan Modal Manusia Di Asean*.
- Rosadi, D. (2011). *Analisis ekonometrika & runtun waktu terapan dengan R: aplikasi bidang ekonomi, bisnis, dan keuangan / Dedi Rosadi*.
- Salsabila Nur Amalina, I., Wahyudi, H., & Ciptawaty, U. (2023). Pengaruh GDP Per Kapita, dan Konsumsi Energi Terhadap Emisi CO₂ di Indonesia. *Journal on Education*, 06(01), 6508–6517.
- Saskara, I. N. (IA), & Batubara, D. M. (Dison). (2015). Analisis Hubungan Ekspor, Impor, PDB dan Utang Luar Negeri Indonesia Periode 1970-2013. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, 8(1), 44312. <https://www.neliti.com/publications/44312/>
- Solikah, A. A., & Bramastia, B. (2024). Systematic Literature Review : Kajian Potensi dan Pemanfaatan Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan Di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(1), 27–43. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.21742>
- Stern, D. I. (1998). *Progress on the environmental Kuznets curve?*
- Stern, N. (2014). Projecting the Growth of Greenhouse-Gas Emissions. In *The Economics of Climate Change* (pp. 193–215). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511817434.014>
- Sugiyanto, H., Keuangan, P., & Stan, N. (2017). *The Causality Between Energy Consumption and Gross Domestic Product (GDP) In Indonesia, Malaysia, Thailand and Singapore*.
- Unat, E. (2020). A Review Of Malthusian Theory Of Population Under The Scope Of Human Capital. In *Focus on Research in Contemporary Economics (FORCE)* (Vol. 1, Issue 2). <http://forcejournal.org/index.php/force/about>
- Wallerstein, I. (2000). Globalization or the Age of Transition?: A Long-Term View of the Trajectory of the World-System. *International Sociology*, 15(2), 249–265. <https://doi.org/10.1177/0268580900015002007>
- Yudiartono, Y., Windarta, J., & Adiarso, A. (2022). Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Nasional Jangka Panjang Untuk Mendukung Program Peta Jalan Transisi Energi Menuju Karbon Netral. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(3), 201–217. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.14264>

Yunita, R., Gunarto, T., Marselina, M., & Yuliawan, D. (2023). The Influence of GDP per Capita, Income Inequality, and Population on CO2 Emission (Environmental Kuznet Curve Analysis in Indonesia). *International Journal of Social Science, Education, Communication and Economics (SINOMICS JOURNAL)*, 2(2), 217–230. <https://doi.org/10.54443/sj.v2i2.130>