

**DETERMINAN FENOMENA PERUBAHAN IKLIM DALAM
PERSPEKTIF SOSIAL EKONOMI DI PULAU JAWA DAN PULAU
SUMATERA**

(Skripsi)

Oleh

ZUFAR ABDULMAAJID RAMADHAN

NPM 1851021006



**FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

DETERMINAN FENOMENA PERUBAHAN IKLIM DALAM PERSPEKTIF SOSIAL EKONOMI DI PULAU JAWA DAN PULAU SUMATERA

Oleh

ZUFAR ABDULMAAJID RAMADHAN

Fenomena perubahan iklim telah menjadi perhatian khusus di seluruh dunia. Penelitian ini dilakukan untuk melihat faktor penentu dalam perspektif sosial dan ekonomi yang dapat berpengaruh terhadap fenomena perubahan iklim di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera. Penelitian ini bersifat data panel dengan jumlah data penelitian sebanyak 80 dalam periode tahun 2018-2022. Variabel yang digunakan adalah Suhu Udara Rata-Rata, Produk Domestik Regional Bruto Sektor Industri, Kepadatan Penduduk, dan Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa seluruh variabel independen seperti PDRB Sektor Industri, Kepadatan Penduduk, dan Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri berpengaruh signifikan dan positif terhadap fenomena perubahan iklim di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera yang ditinjau melalui suhu udara rata-rata.

Kata Kunci: Perubahan Iklim, Ekonomi Industri, Energi Listrik, Kepadatan Penduduk

ABSTRACT

DETERMINANTS OF CLIMATE CHANGE PHENOMENON FROM A SOCIAL ECONOMIC PERSPECTIVE ON THE ISLAND OF JAVA AND SUMATERA

By

ZUFAR ABDULMAAJID RAMADHAN

The phenomenon of climate change has become a special concern throughout the world. This research was conducted to look at the determining factors from a social and economic perspective that can influence climate change on the island of Java and Sumatera. The research is used panel data with a total of 80 research data in the 2018-2022. The variables used in the research were Average of Air Temperature, Gross Regional Domestic Product of Industrial Sector, Population Density, and Electrical Energy in Industrial Sector. The results of his research show that all independent variables such as GRDP of Industrial Sector, Population Density, and Electrical Energy in Industrial Sector have a significant and positive effect on the phenomenon of climate change on the island of Java and Sumatera as viewed through the average of air temperature.

Keywords: Climate Change, Economic Industry, Electrical Energy, and Population Density.

**DETERMINAN FENOMENA PERUBAHAN IKLIM DALAM
PERSPEKTIF SOSIAL EKONOMI DI PULAU JAWA DAN PULAU
SUMATERA**

Oleh

ZUFAR ABDULMAAJID RAMADHAN

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
2023**

Judul Skripsi : DETERMINAN FENOMENA PERUBAHAN IKLIM DALAM PERSPEKTIF SOSIAL EKONOMI DI PULAU JAWA DAN PULAU SUMATERA
Nama Mahasiswa : ZUFAR ABDULMAAJID RAMADHAN
No. Pokok Mahasiswa : 1851021006
Program Studi : Ekonomi Pembangunan
Fakultas : Ekonomi dan Bisnis

MENYETUJUI

Komisi Pembimbing



Zulfa Emalia, S.E., M.Sc.
NIP. 19850510 201012 2 004

Ketua Jurusan Ekonomi Pembangunan,
Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Lampung.

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Neli Aida", is written over the printed name and title of the supervisor.

Dr. Neli Aida, S.E., M.Si.
NIP. 19631215 198903 2 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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



Penguji 1

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



Penguji 2

Emi Maimunah, S.E., M.Si.



2. Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Lampung

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 22 Desember 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa

1. Karya tulis saya, skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana), baik di Universitas Lampung maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan komisi pembimbing dan penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan sebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah berlaku di Universitas Lampung.

Bandarlampung, 22 Desember 2023
Yang membuat pernyataan,



Zufar Abdulmaajid Ramadhan
1851021006

RIWAYAT HIDUP



Zufar Abdulmaajid Ramadhan lahir di Bondowoso, 14 Januari 1999. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara pasangan Bapak Gatot Prabantoro dan Ibu Erna Lovita. Telah menempuh pendidikan di SDN Cipinang 01 Pagi Tahun 2005-2011, SMPN 158 Jakarta Tahun 2011-2014, SMAN 36 Jakarta Tahun 2014-2017.

Pada Tahun 2018, penulis diterima sebagai Mahasiswa Program S-1 Ekonomi Pembangunan di Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (SMMPTN Barat). Semasa kuliah, penulis mengikuti kegiatan organisasi seperti AIESEC Universitas Lampung atau *Unila's International Student Association* (UISA, 2020-2022), sebagai anggota aktif di Divisi *Outgoing Global Volunteer*, dan Himpunan Mahasiswa Ekonomi Pembangunan (HIMEPA, 2021) sebagai Kepala Bidang 3 Kaderisasi dan Pengabdian Masyarakat.

Pada Tahun 2021, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Mandiri di Kelurahan Gedong Meneng, Kecamatan Rajabasa, Bandar Lampung. Penulis juga berkesempatan mengikuti Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Batch 1, yaitu berupa kegiatan magang di PT. Hashmicro Solusi Indonesia pada Tahun 2021 sebagai *Business Development Assistant*. Pada Tahun 2023, penulis mendapatkan kesempatan sebagai Penerima Bantuan Penelitian (Banlit) dari *Bank Indonesia Institute*.

MOTTO

“We have to change from doubters to believers, now”.

(Jürgen Klopp)

“Ojo Adigang, Adigung, Adiguno”

(Unknown)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim. Alhamdulillahirabbil'alamin segala puji dan Syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunianya kepada Nabi Muhammad SAW, serta dengan ketulusan dan kerendahan hati ku persembahkan karya tulis ini kepada:

*Orang tua-ku tercinta,
Bapak Gatot Prabantoro dan Ibu Erna Lovita*

Terimakasih saya ucapkan kepada mereka yang senantiasa selalu memberikan dukungan baik itu berupa doa dan materi, sehingga saya mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Perjuangan orang tua yang telah mengantarkan saya pada titik ini, tidaklah mudah. Segala bentuk pengorbanan, perjuangan, nasihat dan kesabarannya dalam mendidik saya hingga saat ini merupakan awal kesuksesan mereka untuk bisa melihat putranya menggapai mimpi-mimpi berikutnya di masa depan. Tidak lupa juga, terimakasih saya ucapkan kepada Allah SWT yang telah menguatkan mental dan semangat saya untuk terus menghadapi segala bentuk rintangan yang terjadi selama menjalankan masa perkuliahan ini hingga selesai di waktu yang tepat.

Keluarga Besar-ku,

Terimakasih atas segala doa yang telah kalian berikan, motivasi yang telah kalian berikan, dan dukungan materi yang kalian berikan kepada saya hingga hari ini.

Serta,

Seluruh Dosen Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Lampung, Jurusan Ekonomi Pembangunan yang telah memberikan ilmu, nasihat, dan pengetahuannya kepada saya selama menjalankan masa perkuliahan dan almamater tercinta.

SANWACANA

Bismillahirrohmaanirrohiim,

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Determinan Fenomena Perubahan Iklim dalam Perspektif Sosial Ekonomi di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera”** sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana ekonomi di 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. Bank Indonesia Institute (BI Institute) yang telah memberikan dana bantuan penelitian melalui Program Bantuan Penelitian (Banlit).
2. Bapak Prof. Dr. Nairobi, S.E., M.Si., selaku Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Neli Aida, S.E., M.Si., selaku Ketua Jurusan Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung.
4. Ibu Ukhti Ciptawaty, S.E., M.Si., selaku Sekretaris Jurusan Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung.
5. Ibu Zulfa Emalia, S.E., M.Sc., selaku dosen pembimbing skripsi atas ketersediaan waktunya dalam memberikan bimbingan kepada penulis dengan penuh kesabaran, dukungan, saran, dan motivasi yang membangun sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik.
6. Ibu Emi Maimunah, S.E., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik serta dosen penguji yang senantiasa memberikan pengarahan, kritik, saran, dan dukungan yang membantu penulis dalam prosesnya menyelesaikan skripsi ini.

7. Ibu Dr. Asih Murwiati, S.E., M.E., selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan pengarahan, kritik, dan saran, serta dukungan kepada penulis dalam prosesnya menyelesaikan skripsi ini.
8. Ibu Nurbetty Herlina Sitorus, S.E., M.Si., selaku dosen mata kuliah ekonomi moneter dan kebankesentralan yang senantiasa membantu dalam memberikan pengarahan, kritik, dan saran, sehingga penelitian ini mendapatkan pendanaan Banlit (Bantuan Penelitian) oleh Bank Indonesia Institute.
9. Seluruh Dosen Pengajar Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan Pelajaran yang bermanfaat bagi penulis selama menjalankan masa perkuliahan.
10. Kedua orang tua-ku, Gatot Prabantoro dan Erna Lovita yang telah memberikan seluruh dukungannya baik itu berupa doa, materi, dan moral dalam menyelesaikan pendidikan ini dengan baik untuk bisa memperoleh gelar.
11. Adik-adikku, Fairuz Rahimah, Zaidan Rizqi Ramadhan, dan Fauziah Rabiah. Terimakasih atas bantuan doa dan dukungannya yang telah diberikan.
12. Teman-teman Photoshoot yang telah menemani dari awal masa perkuliahan hingga saat ini, yaitu Atras, Rafi, Dharu, Andin, Febri, Livia, Yolana, Affandi, Luklu, Farrel, dan Irfan. Terimakasih atas segala hari yang telah kita lewati bersama selama masa perkuliahan baik itu dalam keadaan suka maupun duka.
13. Teman-teman Presidium HIMEPA (Himpunan Mahasiswa Ekonomi Pembangunan) Tahun 2021, Affandi, Dharu, Livia, Nabila, Kemal, Atras, Bimo, Mellani, Meling, Sulis, Austine, Gleen, Yazid, Yusmanda, dan Toyo. Terima kasih atas segala pengalamannya yang telah kita lewati bersama dalam keadaan suka maupun duka, semoga di kemudian hari kita semua dapat merealisasikan mimpi dan harapan kita dengan penuh suka cita.
14. Teman-teman AIESEC Universitas Lampung Tahun 2020 dan Tahun 2021 yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Terima kasih atas doa, dukungan, dan segala pengalamannya yang telah kita lewati bersama dalam keadaan

suka maupun duka, semoga di kemudian hari kita semua dapat merealisasikan mimpi dan harapan kita dengan penuh suka cita.

15. Teman-teman KKN (Kuliah Kerja Nyata) di Kelurahan Gedong Meneng, Aqila, Fentia, Awa, Irvan, Uti, dan Rafi. Terima kasih atas segala pengalamannya selama masa periode KKN berlangsung yang telah kita lewati bersama dalam keadaan suka maupun duka dan telah menjadi salah satu pewarna yang indah untuk penulis selama masa perkuliahan di Universitas Lampung.
16. Kakak sepupu-ku, Althofi Rozaan. Terimakasih saya ucapkan, karena tidak pernah berhenti menanyakan kabar dan memberikan dukungan kepada penulis, sehingga pengerjaan skripsi atau penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.
17. Teman-teman Jurusan Ekonomi Pembangunan Angkatan 2018 yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu. Terima kasih atas segala pengalaman dan cerita yang telah tercipta bersama baik suka maupun duka selama menjalankan masa perkuliahan.
18. Kepada Aqila Baity Jannaty. Terimakasih atas segala dukungan kepada penulis selama mengerjakan skripsi ini, dimulai dari awal pembuatan metadata hingga pada akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini untuk bisa meraih gelar sarjana ekonomi. Apresiasi tinggi layak diberikan atas kesabaran dan ketersediaannya dalam menemani penulis menyelesaikan kewajibannya, yaitu meraih gelar sarjana. Sesuai dengan pepatah “Apa yang kau tanam, Itu yang akan kau tuai” itulah harapan dari penulis, semoga engkau dapat meraih sesuatu yang baik di masa depan-mu pada kemudian hari.
19. Ibu dan Bapak Ma’ruf Sa’i selaku pemilik dari Kos Wisma Kinantan. Terimakasih telah memberikan hunian yang aman dan nyaman kepada penulis dalam menjalankan, serta menyelesaikan masa perkuliahannya di Universitas Lampung, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Jurusan Ekonomi Pembangunan.

20. Seluruh pihak yang turut terlibat dalam proses pengerjaan penelitian atau skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Terimakasih atas doa dan dukungan yang telah diberikan.
21. Almamater tercinta dan menjadi kebanggaan, Universitas Lampung.
22. Terakhir dan tidak kalah penting. Terimakasih atas diri-ku sendiri yang telah bekerja keras dan tidak patah semangat dalam menjalankan, serta menyelesaikan pengerjaan penelitian atau skripsi ini sebagai akhir dari masa perkuliahan.

Semoga Allah SWT dengan Ridho-Nya membalas segala kebaikan yang telah diberikan. Akhir kata, penulis cukup menyadari bahwa pengerjaan penelitian atau penulisan skripsi ini masih dari kata sempurna, tetapi ada sedikit harapan semoga karya ini dapat bermanfaat bagi orang-orang diluar sana dan kita semua.

Bandarlampung, 22 Desember 2023

Penulis

Zufar Abdulmaajid Ramadhan

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR SINGKATAN	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	14
1.3 Tujuan Penelitian	14
1.4 Manfaat Penelitian	14
II. TINJAUAN PUSTAKA	16
2.1 Landasan Teori.....	16
2.2.1 Teori Environmental Kuznets Curve (EKC).....	16
2.2.2 Perubahan Iklim	17
2.2.3 Teori Kependudukan Neo-Malthusians	18
2.2.4 Teori Produksi Cobb-Douglas.....	18
2.2.5 PDRB Sektor Industri	20
2.2.6 Kepadatan Penduduk.....	21
2.2.7 Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri	22
2.2 Tinjauan Empiris	22
2.3 Kerangka Pemikiran.....	26
2.4 Hipotesis.....	27
III. METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Jenis dan Sumber Data	29
3.2 Batasan Operasional Variabel	30
3.3 Definisi Operasional Variabel.....	30
3.4 Metode Analisis Data	31
3.4.1 Model Regresi	31
3.4.2 Pemilihan Model Estimasi Data Panel.....	34
3.4.3 Uji Asumsi Klasik	36
3.4.4 Uji Hipotesis	39
3.4.5 Uji Koefisien Determinasi (R^2).....	40
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Analisis Statistik Deskriptif	41
4.1.1 Suhu Udara Rata-Rata (TEMP)	41
4.1.2 PDRB Sektor Industri Atas Dasar Harga Konstan (ADHK)	42

4.1.3	Kepadatan Penduduk (KP).....	42
4.1.4	Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri (ELECIND)	43
4.2	Hasil Pengujian Regresi Data Panel.....	44
4.2.1	Uji Chow	44
4.2.2	Uji Hausman	44
4.3	Pengujian Asumsi Klasik	45
4.3.1	Uji Normalitas	45
4.3.2	Deteksi Multikolinearitas	46
4.3.3	Uji Heteroskedastisitas	47
4.3.4	Uji Autokorelasi	48
4.4	Hasil Estimasi Regresi Data Panel.....	49
4.4.1	Hasil Persamaan <i>Cross Effect</i> Tertinggi dan Terendah.....	49
4.4.2	Analisis Individual Effect	50
4.5	Pengujian Hipotesis.....	54
4.5.1	Uji Koefisien Regresi Parsial (Uji t)	54
4.5.2	Uji Signifikansi Simultan (Uji F).....	56
4.5.3	Koefisien Determinasi (R^2)	56
4.6	Pembahasan Hasil Penelitian	57
4.6.1	Pengaruh PDRB Sektor Industri terhadap Suhu Udara Rata-Rata di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera	57
4.6.2	Pengaruh Kepadatan Penduduk terhadap Suhu Udara Rata-Rata di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera.	61
4.6.3	Pengaruh Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri terhadap Suhu Udara Rata-Rata di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera.	62
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1.	Kesimpulan	66
5.2.	Saran.....	66
	DAFTAR PUSTAKA	69
	LAMPIRAN.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Suhu Rata-Rata Tahunan (dalam derajat celsius)	5
2. Penggunaan Energi Listrik Setiap Kelompok Pelanggan (dalam GWh).	11
3. Penelitian Terdahulu	22
4. Data dan Sumber Data	30
5. Keputusan Uji Autokorelasi	39
6. Hasil Analisis Deskriptif	41
7. Keputusan Uji Autokorelasi	48
8. Hasil Analisis Individual Effect	50
9. Hasil Uji t-statistik PDRB Sektor Industri ADHK	54
10. Hasil Uji t-statistik Kepadatan Penduduk	55
11. Hasil Uji t-statistik Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri.....	55
12. Hasil Uji F-Statistik	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Grafik dan Tren dari Suhu Anomali Global.....	3
2. Grafik dan Tren dari Suhu Udara Rata – Rata di Indonesia.	4
3. PDB Sektor Lapangan Usaha (dalam triliun rupiah).	6
4. PDRB Sektor Industri Pengolahan (dalam milyar rupiah).....	7
5. Kepadatan Penduduk (dalam jiwa/km ²).....	9
6. Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri (dalam GWh).....	11
7. Environmental Kuznets Curve (EKC)	16
8. Kerangka Pemikiran.....	26
9. Boxplot PDRB Sektor Industri Tahun 2020	60
10. Boxplot Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri Tahun 2020.....	65

DAFTAR SINGKATAN

DF	: <i>Degree Of Freedom</i>
AR5	: <i>Assessment Reports 5</i>
ASEAN	: <i>Association of Southeast Asian Nations</i>
BLUE	: <i>Best Linear Unbiased Estimator</i>
BMKG	: Badan Pusat Statistik, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
BPS	: Badan Pusat Statistik
EKC	: <i>Environmental Kuznets Curve</i>
GLS	: <i>Generalized Least Squares</i>
JB	: Jarque-Bera
KP	: Kepadatan Penduduk
LSDV	: <i>Least Squares Dummy Variable</i>
OLS	: <i>Ordinary Least Square</i>
PBB	: Perserikatan Bangsa-Bangsa
PDRB	: Produk Domestik Regional Bruto
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
RPJMN	: Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional
VIF	: <i>Variance Inflation Factor</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Variabel Dependen dan Variabel Independen Pada Provinsi di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera Tahun 2018-2022.	77
2. Data Logaritma Natural Variabel Dependen dan Variabel Independen Pada Provinsi di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera Tahun 2018-2022.....	79
3. Statistik Deskriptif	82
4. Uji Chow	82
5. Uji Hausman	82
6. Hasil Estimasi Fixed Effect Model	83
7. Uji Normalitas	84
8. Deteksi Multikolinearitas	85
9. Uji Heteroskedastisitas.....	86
10. Uji Autokorelasi	87
11. Hasil Individual Effect	87

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

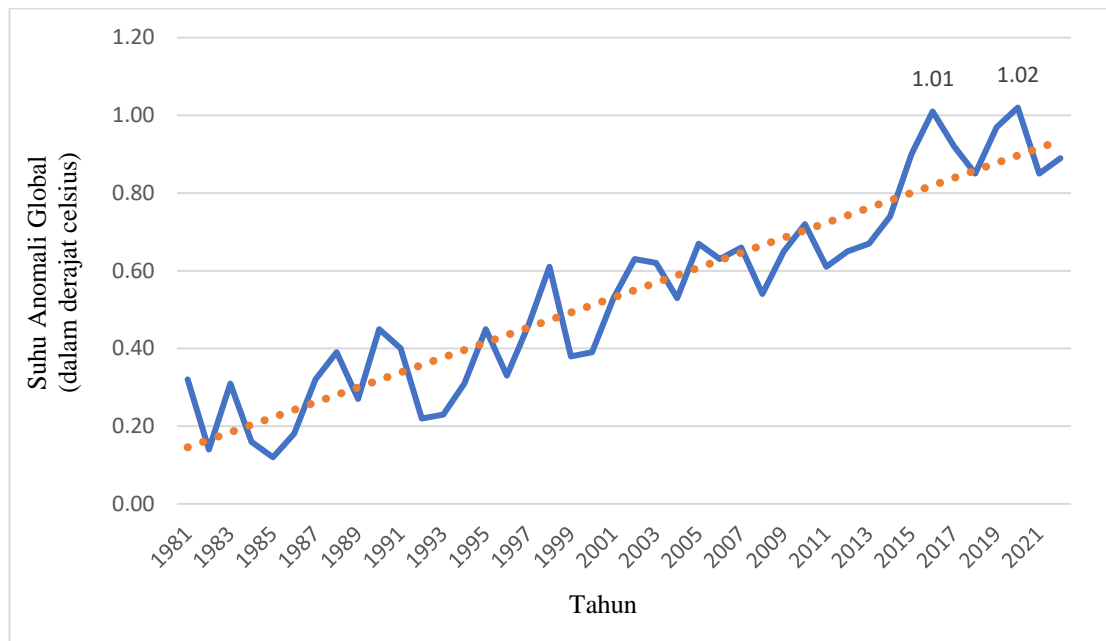
Fenomena perubahan iklim memberikan efek negatif terhadap keberlangsungan hidup dan khususnya kualitas lingkungan sebagai salah satu fenomena yang dirasakan secara luas oleh seluruh negara di dunia. Terjadinya perubahan pada suhu udara dan curah hujan yang signifikan dalam kurun waktu puluhan tahun hingga jutaan tahun disebut sebagai fenomena perubahan iklim (Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan, 2017). Menurut laporan tersebut, penyebab utama fenomena yang terjadi saat ini adalah penggunaan bahan bakar fosil, penggundulan hutan, konversi lahan, dan limbah dari kegiatan industri yang disebabkan oleh kegiatan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi. Menurut Özokcu & Özdemir (2017), terjadinya fenomena iklim ini telah memosisikan dunia untuk perubahan masa depan.

Menurut Raymond et al. (2020), menyatakan fenomena perubahan iklim telah menjadi ancaman terbesar umat manusia saat ini dan diperlukan tindakan cepat untuk segera ditangani. Perubahan iklim telah tercantum dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan sebagai adanya tanggapan terhadap fenomena yang sedang terjadi dan dampak yang akan ditimbulkannya, sebagaimana tercantum dalam tujuan ke-13 (*United Nations Development Programme*, 2016). Berdasarkan laporan Bappenas (2020) telah dicantumkan tujuan tersebut ke dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) Tahun 2020 hingga 2024 dan telah disambut baik oleh pemerintah Indonesia. Langkah-langkah yang dilakukan diantaranya, ialah meningkatkan ketahanan terhadap peristiwa bencana dan iklim serta pembangunan rendah karbon yang bertujuan untuk mengurangi resiko bencana dan dengan harapan agar mampu untuk beradaptasi terhadap fenomena perubahan iklim.

Menurut laporan yang dihimpun melalui *Intergovernmental Panel on Climate Change* (2015), manusia memiliki pengaruh terhadap keberlangsungan siklus iklim. Laporan tersebut mengatakan bahwa pertumbuhan penduduk dan pembangunan ekonomi setelah revolusi industri merupakan kontributor utama peningkatan emisi gas rumah kaca dan membuatnya menjadi sangat rentan terhadap perubahan iklim. Pembangunan ekonomi yang semakin meningkat, turut menandakan bahwa terdapat produktivitas yang tinggi dari industrialisasi serta penggunaan energi rumah tangga yang meningkat dan berkontribusi secara signifikan terhadap fenomena perubahan iklim melalui emisi gas rumah kaca (Ogbeide-Osaretin et al., 2022). Menurut Sasana & Aminata (2019), Indonesia menggunakan energi yang tidak terbarukan dan berdampak buruk bagi lingkungan yang digunakan untuk membangun perekonomian. Mengakibatkan dalam periode jangka panjang, peningkatan pembangunan ekonomi masih berbanding lurus dengan peningkatan gas rumah kaca, sehingga membuat lingkungan menjadi kurang baik akibat fenomena perubahan iklim.

Penurunan kualitas daya tahan dan fungsi lingkungan secara langsung berkorelasi dengan pembangunan ekonomi, karena orientasinya untuk mencapai pembangunan seringkali mengabaikan pentingnya aspek pengelolaan kelestarian lingkungan. Menurut Febriana et al. (2019), kedua aspek tersebut penting untuk diperhatikan agar tidak menciptakan suatu permasalahan di kemudian hari, salah satunya adalah fenomena perubahan iklim. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan (2017), unsur gas rumah kaca seperti CO₂ (*Karbon Dioksida*), CH₄ (*Metana*), N₂O (*Nitrogen Oksida*), HFC (*Hidrofluorokarbon*), PFC (*Perfluorokarbon*), dan SF₆ (*Sulfur Heksafluorida*) mengakibatkan suhu udara meningkat yang berpotensi pada terjadinya pemanasan global. Hal tersebut berdampak terhadap meningkatnya permukaan laut yang disebabkan karena mencairnya jumlah es di kutub. Terdapat parameter untuk menandakan bahwa fenomena perubahan iklim telah dan masih terjadi, salah satunya dapat diketahui melalui adanya perubahan pada tingkat suhu udara permukaan (Prasetyo et al., 2021). Suhu udara permukaan turut memberikan pengaruh terhadap iklim dan lingkungan lainnya, misalnya tingkat curah hujan dan kelembaban.

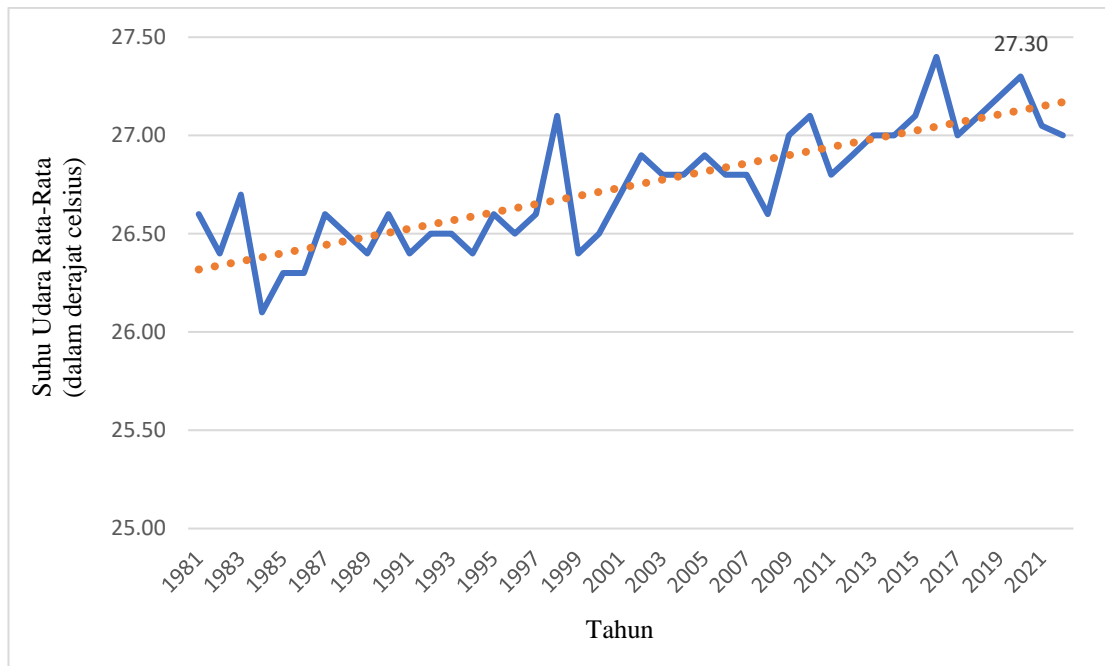
Grafik dan tren berikut menggambarkan peningkatan suhu anomali tahunan dalam skala global selama periode waktu 1981-2022.



Gambar 1. Grafik dan Tren dari Suhu Anomali Global.

Sumber: NASA Global Climate Change, 2023.

Berdasarkan gambar 1 menunjukkan grafik dari suhu anomali dalam skala global yang berfluktuatif setiap tahunnya dengan tren yang cenderung meningkat pada periode 1981-2022. Menurut *National Aeronautics and Space Administration* (2022), pada Tahun 2016 dan Tahun 2020 sebagai tahun terpanas dengan suhu anomali global sebesar 1.02°C . Informasi lainnya juga dijelaskan melalui *Assessment Reports 5 (AR5)* suhu mengalami peningkatan sebesar $0,8^{\circ}\text{C}$ dalam satu abad terakhir, serta suhu global diperkirakan meningkat sebesar 1.8°C - 4°C dibandingkan suhu rata-rata selama periode waktu 1980-1999 (*Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015*). Berdasarkan laporan tersebut, perubahan iklim yang terjadi sebagai dampak dari bertambahnya sebaran gas rumah kaca yang disebabkan oleh manusia. Situasi terkini secara global juga berkaitan secara langsung dengan Indonesia. Peningkatan dari suhu udara rata-rata tahunan cukup membuktikan bahwa fenomena perubahan iklim telah terjadi. Grafik dan tren berikut menggambarkan suhu rata-rata tahunan di Indonesia.



Gambar 2. Grafik dan Tren dari Suhu Udara Rata – Rata di Indonesia.
 Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2023. Data Diolah.

Berdasarkan gambar 2 menunjukkan data yang dihimpun melalui Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (2022), dalam periode waktu 1981-2022 dan terpantau melalui 91 stasiun pengamatan yang tersebar di seluruh Indonesia. Menunjukkan bahwa perubahan iklim yang terjadi saat ini, telah dibuktikan dari suhu udara rata-rata yang meningkat dalam periode waktu tersebut. Laporan tersebut menyebutkan Tahun 2016 adalah tahun dengan suhu anomali terbesar dengan nilai 0.6°C . Peringkat kedua dengan suhu anomali terbesar adalah Tahun 2020 dengan nilai sebesar 0.5°C dan di peringkat ketiga adalah Tahun 2019 dengan nilai sebesar 0.4°C sepanjang periode waktu pengamatan. Indonesia telah mengalami perubahan iklim akibat banyaknya gas rumah kaca yang menyebar ke seluruh atmosfer, terbukti dengan kenaikan suhu tahunan selama lima tahun terakhir. Terjadinya fenomena ini yang bisa dilihat dengan adanya kenaikan suhu udara rata-rata tahunan dan disebabkan karena tingginya gas rumah kaca yang tersebar di udara. Menurut Juliani et al. (2021), perubahan iklim di Indonesia semakin parah, karena suhu bumi meningkat hingga 3 derajat celcius.

Tabel berikut merupakan data suhu rata-rata tahunan dari setiap pulau di Indonesia dalam periode Tahun 2018-2022.

Tabel 1. Suhu Rata-Rata Tahunan (dalam derajat celsius)

Pulau	2018	2019	2020	2021	2022	Rata-Rata
Sumatera	27.07°	27.40°	27.26°	27.43°	27.53°	27.34°
Jawa	26.88°	26.98°	27.01°	27.03°	27.10°	27.00°
Kalimantan	26.67°	26.83°	26.82°	27.98°	27.88°	27.23°
Sulawesi	24.64°	24.63°	24.71°	27.63°	28.04°	25.93°
Bali & Nusa Tenggara	25.23°	25.31°	25.77°	28.07°	27.98°	26.47°
Maluku & Papua	25.42°	25.44°	25.47°	27.18°	27.89°	26.28°

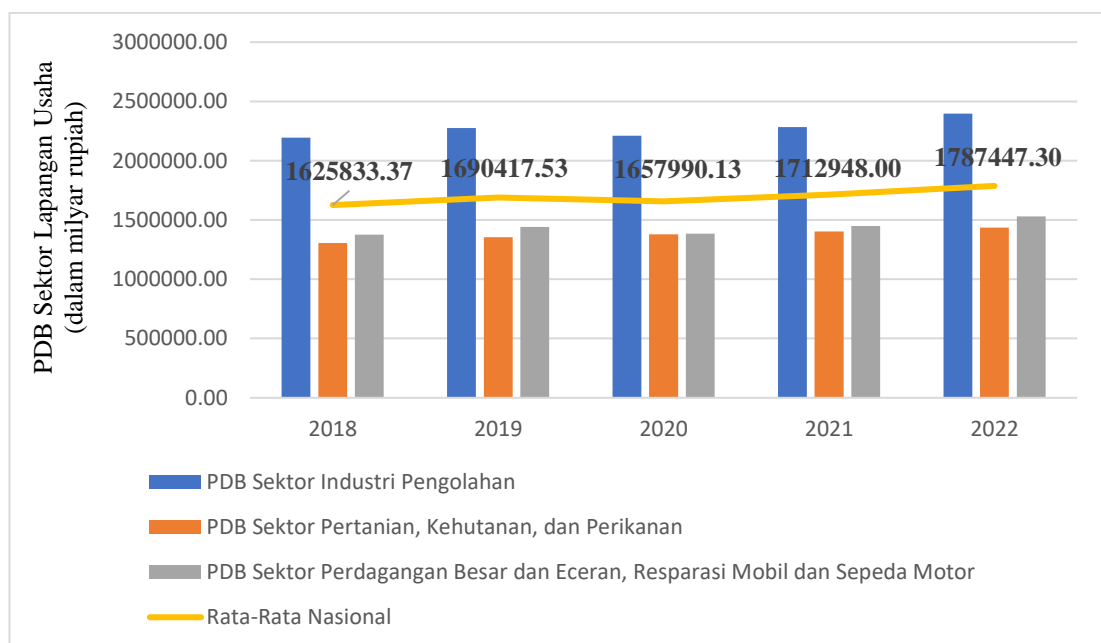
Sumber: World Bank Climate Change dan Publikasi BMKG, 2023. Data diolah.

Tabel 1 menunjukkan bahwa Pulau Sumatera, Jawa, dan Kalimantan memiliki suhu rata-rata yang tertinggi selama periode 2018-2022. Menurut Saharjo & Nugraha (2022), kebakaran hutan dan lahan tahunan di Pulau Kalimantan dan Sumatera disebabkan oleh faktor alam dan buatan manusia, serta kemungkinan adanya perubahan iklim seperti perubahan curah hujan dan suhu udara. Berbeda dengan situasi di Pulau Jawa, menurut Prasetyo et al. (2021) pesatnya pertumbuhan penduduk dan sektor industri berpotensi secara langsung dan tidak langsung terhadap perubahan iklim.

Upaya mitigasi diperlukan terhadap fenomena perubahan iklim agar tidak terjadi, yaitu dengan menyelesaikannya secara bersama dengan berbagai negara melalui perjanjian dan kolaborasi. Hal tersebut menyebabkan dukungan dari *Intergovernmental Panel on Climate Change*, agar PBB segera mendeklarasikan perubahan iklim sebagai permasalahan penting yang membutuhkan mitigasi lebih lanjut untuk diselesaikan (Firdaus & Wandira, 2022). PBB kemudian membentuk *United Nations Framework Convention on Climate Change* pada tanggal 4 Juni 1992 dan ditandatangani sebanyak 165 negara (Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan, 2017). Penyelenggaraan dari pertemuan ini bertujuan dalam mempertahankan sebaran gas rumah kaca yang stabil tanpa membahayakan kelangsungan jangka panjang terhadap iklim di bumi.

Menurut Putra & Satrianto (2019), sebaran gas rumah kaca disebabkan oleh adanya aktivitas untuk menggerakkan siklus perekonomian yang telah berakibat pada tercemarnya keberlangsungan kualitas lingkungan, sehingga memiliki potensi besar terhadap perubahan iklim dan pemanasan global. Kegiatan di sektor industri dan

transportasi biasanya menghasilkan emisi berupa karbon dioksida, terdapat korelasi langsung antara peningkatan pertumbuhan ekonomi dan pembangunan (Hossain, 2012). Menurut Badan Pusat Statistik (2021), besarnya produk domestik bruto atas dasar harga konstan secara keseluruhan atau dari setiap sektor usaha yang memberikan kontribusi setiap tahunnya dapat digunakan untuk mengidentifikasi siklus ekonomi yang diartikan sebagai laju pertumbuhan ekonomi suatu negara. Grafik di bawah menggambarkan produk domestik bruto atas dasar harga konstan menurut sektor lapangan usaha di Indonesia.

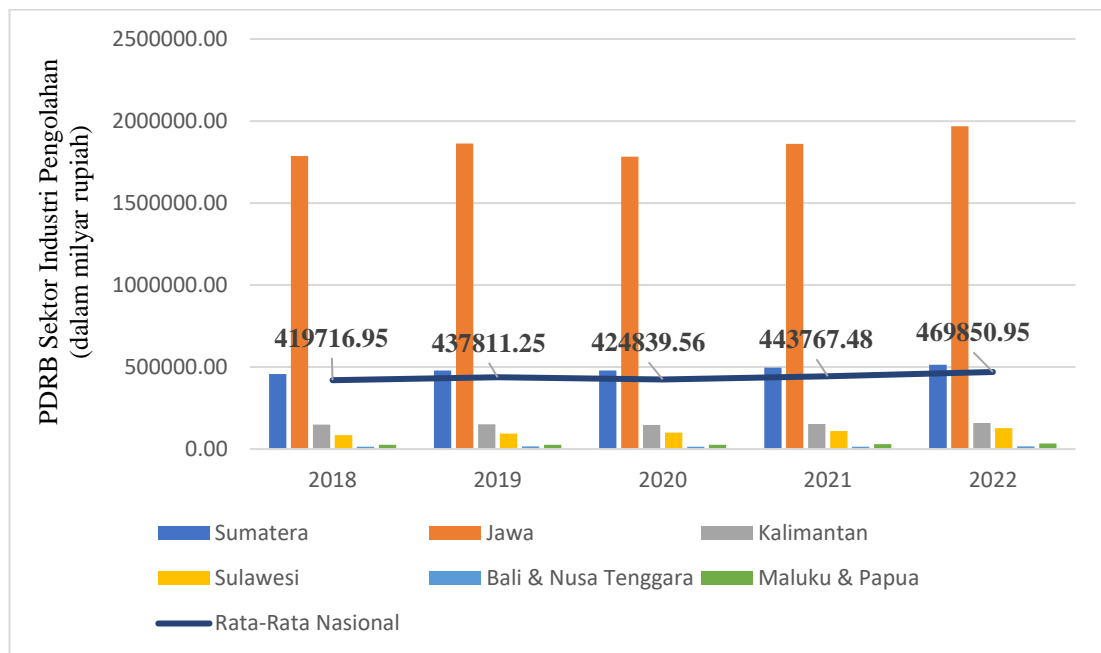


Gambar 3. PDB Sektor Lapangan Usaha (dalam triliun rupiah).
Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023. Data Diolah.

Berdasarkan gambar 3 menampilkan informasi dari Badan Pusat Statistik. Sektor Industri Pengolahan mempunyai dampak yang signifikan terhadap perekonomian, yaitu telah melampaui rata-rata nasional. Lebih unggul dibandingkan dengan sektor penopang perekonomian lainnya, seperti Sektor Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan dan Sektor Perdagangan Besar dan Eceran, Resparasi Mobil dan Sepeda Motor. Menurut Badan Pusat Statistik (2021), Sektor Industri Pengolahan yang menyumbang 19.88% perekonomian Indonesia pada tahun 2020, diikuti oleh Sektor Pertanian, Kehutanan, dan Pertanian sebesar 13.70%, serta Sektor

Perdagangan Eceran Besar Bengkel Mobil-Motor yang mencapai 12.93%. Berdasarkan laporan, disebutkan pandemi covid-19 menjadi akibat adanya kontraksi pertumbuhan sebesar 3.14% terutama pada PDB Sektor Industri Pengolahan Triwulan IV-2020 dari yang sebelumnya sebesar 3.67% pada Triwulan IV-2019 (*y-on-y*).

Grafik berikut menggambarkan produk domestik regional bruto sektor industri atas dasar harga konstan di Indonesia.



Gambar 4. PDRB Sektor Industri Pengolahan (dalam milyar rupiah)
Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023. Data Diolah.

Berdasarkan gambar 4 menunjukkan nilai PDRB Sektor Industri Pengolahan dan nilai rata-rata tiap pulau. Pulau Jawa dan Pulau Sumatera terbukti memberikan kontribusi terbesarnya dengan nilai diatas rata-rata nasional terhadap pembangunan ekonomi selama periode tahun 2018-2022. Menurut Kementerian Perindustrian (2022), sektor manufaktur memberikan kontribusi terbesar bagi pertumbuhan dan pembangunan ekonomi Indonesia dimulai pada tahun 2010, yang dibuktikan dengan besarnya produk domestik bruto dibandingkan dengan sektor-sektor usaha lainnya. Sektor industri pengolahan berpotensi meningkatkan produk domestik bruto dan produk domestik regional bruto di setiap daerah secara signifikan

(Jeshika, 2019). Hal ini terjadi karena berkorelasi langsung dengan jumlah tenaga kerja di sektor tersebut, sehingga berpotensi menjadi sumber pertumbuhan dan pembangunan ekonomi baru.

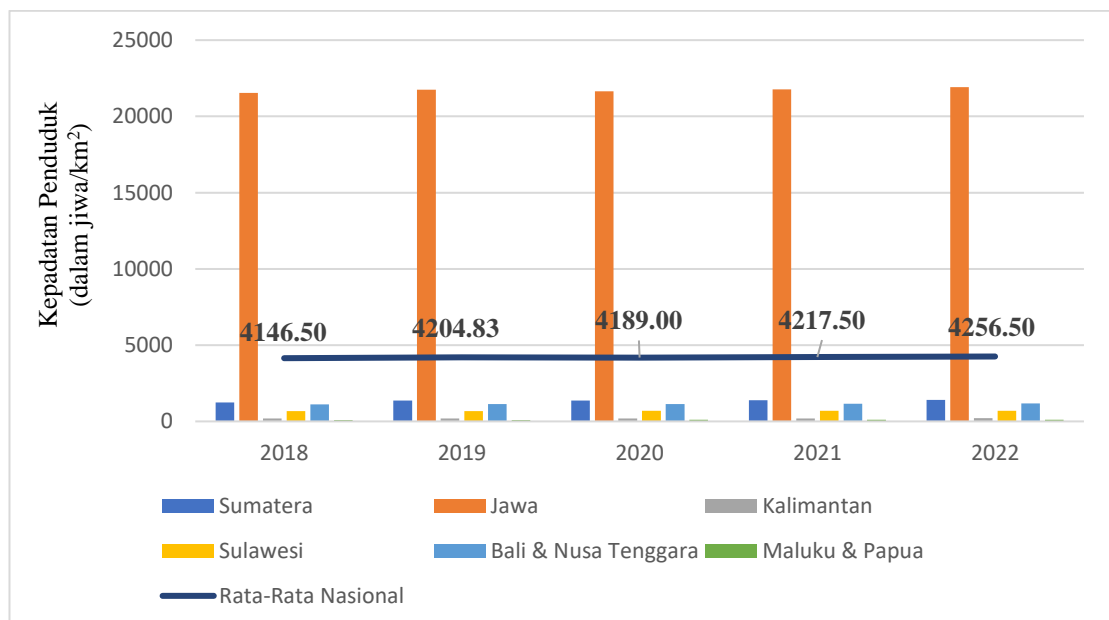
PDRB Sektor Industri bisa mempengaruhi suhu udara rata-rata, karena sektor industri menggunakan teknologi dan mesin yang membutuhkan energi termasuk sumber daya energi primer. Penggunaan energi tersebut dapat menciptakan gas buang, yaitu karbon dioksida dan metana yang berpengaruh terhadap perubahan iklim. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sektor industri menjadi penyebab utama tersebarnya gas rumah kaca di dunia. Sektor industri turut menyumbang sekitar 22% dari total gas rumah kaca dalam skala global pada Tahun 2013, informasi tersebut diperoleh dari sebuah jurnal *Environmental Research Letters* pada Tahun 2017. Penelitian tersebut juga menemukan bahwa sektor industri dapat menimbulkan emisi gas buang yang diperkirakan tetap mengalami kenaikan dalam beberapa dekade ke depan. Peningkatan PDRB Sektor Industri memberikan efek, seperti jumlah dari gas rumah kaca yang bertambah. Penelitian dari *Nature Climate Change* pada tahun 2018 menemukan bahwa perubahan dalam struktur ekonomi dan peningkatan PDRB sektor industri di China berkontribusi pada peningkatan suhu rata-rata global. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kebijakan untuk membatasi emisi gas rumah kaca dari sektor industri menjadi sangat penting untuk mencapai target penurunan suhu rata-rata global.

Menurut Meutiawati et al. (2021), dalam penelitiannya bahwa Sektor Industri berkontribusi sebesar 33,53% pada emisi karbon dan signifikan terhadap kenaikan suhu. Penelitian Rahmawati & Akhmad (2021), menunjukkan PDRB secara keseluruhan berpengaruh positif terhadap emisi karbon dan kenaikan suhu, dengan kontribusi terbesar dari Sektor Industri. Menurut Satria et al. (2020), telah dijelaskan dalam penelitiannya bahwa terdapat korelasi yang positif antara Sektor Industri dengan emisi karbon, serta kenaikan suhu di negara-negara ASEAN. Penelitian Liu et al. (2020), menggunakan analisis data panel dari tahun 2000 hingga 2016 dan menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon berkorelasi positif, dan akibatnya suhu juga meningkat. Menurut Esa et al. (2019),

pertumbuhan industri memberikan pengaruh signifikan terhadap emisi karbon dan perubahan suhu di Malaysia.

Faktor lainnya yang memiliki indikasi berpengaruh terhadap fenomena perubahan iklim adalah meningkatnya kepadatan penduduk. Menurut Suparmoko (1997), semakin meningkatnya penduduk, maka akan berbanding lurus dengan bertambahnya permintaan terhadap barang dan jasa dari masyarakat. Situasi seperti ini dapat berakibat pada menipisnya ketersediaan sumber daya alam dan tingginya konsumsi energi untuk melakukan kegiatan produksi barang dan jasa, sehingga berpotensi terhadap penurunan kualitas lingkungan. Menurut Widyawati et al. (2021), apabila semakin banyak penduduk, maka semakin besar intensitas dilakukannya aktivitas sehari-hari yang membutuhkan energi dan mengakibatkan banyaknya gas buang yang dihasilkan. Peningkatan gas rumah kaca juga dihasilkan dari bertambahnya penduduk pada suatu negara dan mengakibatkan konsumsi energi per kapita menjadi tergolong tinggi, sehingga menimbulkan polusi udara (Sasana & Aminata, 2019).

Grafik berikut ini menunjukkan kondisi dari kepadatan penduduk di Indonesia.



Gambar 5. Kepadatan Penduduk (dalam jiwa/km²)
Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023. Data Diolah.

Berdasarkan gambar 5 menunjukkan data yang dihimpun melalui Badan Pusat Statistik bahwa terdapat kenaikan setiap tahun mengenai kepadatan penduduk dari setiap pulau di Indonesia, salah satunya Pulau Jawa menunjukkan adanya kepadatan penduduk lebih besar dari rata-rata nasional sebesar 21.724 jiwa/km² dalam periode tahun 2018-2022. Pulau besar lainnya, seperti Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Bali dan Nusa Tenggara, dan Maluku dan Papua menunjukkan kepadatan penduduk yang masih berada dibawah rata-rata nasional. Meningkatnya kepadatan penduduk setiap tahunnya, berdampak pada banyaknya gas buang berupa gas rumah kaca yang bertambah banyak. Diasumsikan bahwa kontribusi serta kerentanan untuk bisa berpengaruh terhadap terjadinya fenomena perubahan iklim juga semakin tinggi. Energi bersih yang bersifat ramah lingkungan dan efisien diperlukan untuk mengatasi banyaknya gas buang yang ditimbulkan dari kegiatan tersebut, sehingga terdapat faktor lain yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan iklim.

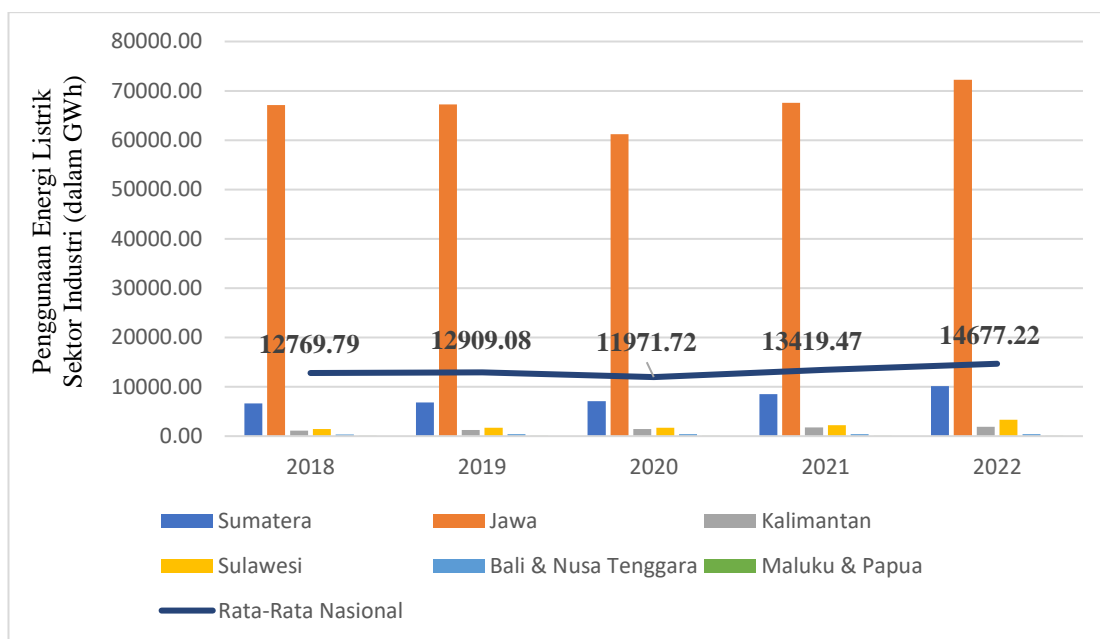
Menurut Widyawati et al. (2021), dari sekian banyak aktivitas yang dilakukan oleh masyarakat, penggunaan bahan bakar fosil turut dipengaruhi dari jumlah penduduk di suatu wilayah. Misalnya, konversi energi primer dari bahan bakar fosil menjadi energi listrik telah menyebabkan peningkatan penggunaannya yang berkorelasi langsung dengan peningkatan jumlah penduduk di Indonesia. Menurut Pramudiyanto & Suedy (2020), permintaan energi listrik di Indonesia pada Tahun 2050 diperkirakan akan meningkat lima kali lipat dari Tahun 2017 yang sebesar 864 kWh/kapita. Emisi yang berasal dari penggunaan energi listrik memberikan kontribusi terbesar dengan angka sebesar 35% dan diproyeksikan tetap akan menjadi yang terbesar pada Tahun 2030. Hal tersebut terjadi bukan hanya dampak dari adanya pertumbuhan ekonomi dan penduduk, tetapi disebabkan adanya proses pembangunan untuk pembangkit listrik baru yang sebagian besar sumber energinya masih didominasi melalui pengembangan bahan bakar fosil (Kementerian Energi & Sumber Daya Mineral, 2018).

Tabel 2. Penggunaan Energi Listrik Setiap Kelompok Pelanggan (dalam GWh).

	Rumah Tangga	Industri	Bisnis	Sosial	Gedung Kantor Pemerintah	Penerangan Jalan Umum
2018	97.832,28	76.946,50	44.027,40	7.781,34	4.403,28	3.627,07
2019	103.733,43	77.878,65	46.901,25	8.621,83	4.750,29	3.632,71
2020	112.155,85	72.239,86	42.819,32	8.098,06	4.634,78	3.634,88
2021	115.370,05	80.904,45	44.440,85	8.665,99	4.707,97	3.544,95
2022	116.095,41	88.483,30	50.532,19	10.073,23	4.995,12	3.582,23
Rata- Rata	109.037,40	79.290,55	45.744,20	8.648,09	4.698,28	3.604,36

Sumber: Perusahaan Listrik Negara, 2023. Data Diolah

Tabel 2 menunjukkan nilai penggunaan energi listrik dari setiap kelompok pelanggan di Indonesia dalam periode tahun 2018-2022. Nilai terbesar berasal dari rumah tangga dengan besaran nilai rata-rata nasional sebesar 109.037,40 GWh dan kemudian diikuti oleh kelompok industri dengan besaran rata-rata nasional sebesar 79.290,55 GWh. Grafik dibawah ini menggambarkan kondisi dari penggunaan energi listrik sektor industri di Indonesia dalam periode tahun 2018-2022.



Gambar 6. Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri (dalam GWh)

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023. Data Diolah.

Berdasarkan gambar 6 menunjukkan tren penggunaan energi listrik sektor industri yang meningkat, apabila diperhatikan dari tren rata-ratanya. Menurut Badan Pusat Statistik (2022), didefinisikan sebagai energi listrik akan disalurkan kepada penduduk dengan latar belakang pekerjaan di bidang industri dan bisnis komersial,

sehingga dapat direpresentasikan konsumsi energi. Pengaruh penggunaan energi listrik sektor industri terhadap suhu udara rata-rata bumi terjadi melalui beberapa mekanisme. Salah satunya adalah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembangkit listrik. Pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil mampu menghasilkan jenis emisi berupa karbon dioksida yang berpotensi dalam menciptakan efek rumah kaca, sehingga membuat suhu udara mengalami peningkatan. Selain itu, sistem penggunaan energi listrik juga turut menghasilkan panas yang disebut panas kerugian (*line loss*) selama proses transmisi.

Jumlah panas yang dihasilkan ini bergantung pada jarak dan ukuran kabel listrik, serta jumlah energi yang ditransmisikan. Panas kerugian ini dapat meningkatkan suhu lingkungan di sekitar sistem penggunaan listrik, yang pada akhirnya juga dapat berkontribusi pada kenaikan suhu udara rata-rata bumi. Salah satu referensi yang mendukung pengaruh penggunaan energi listrik terhadap suhu udara rata-rata bumi ialah penelitian dari (Aryananda et al., 2021). Menunjukkan penggunaan energi listrik secara tidak efisien dapat menyebabkan peningkatan suhu udara, terutama di wilayah urban. Menurut Hosseini et al. (2020), panas kerugian dari sistem transmisi dan penggunaan energi listrik dapat menyebabkan kenaikan suhu udara di sekitar jaringan listrik. Hal ini dapat memicu peningkatan suhu udara rata-rata bumi, jika tidak ditangani secara efektif melalui penggunaan teknologi dan praktik distribusi listrik yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Meningkatnya permintaan atas konsumsi listrik, menjadikan konversi sumber daya energi primer yang cukup besar untuk kemudian bisa menjadi suatu energi listrik (Pramudiyanto & Suedy, 2020). Menurut Sakti & Sukartini (2020) karena sumber energi listrik saat ini masih menggunakan batu bara yang bersifat tidak terbarukan, sehingga dari kegiatan produksinya menghasilkan gas buang yang bisa memberikan efek negatif seperti meningkatkan suhu di bumi. Hal tersebut tentu saja dapat berpengaruh terhadap terjadinya fenomena perubahan iklim secara ekstrim. Hasil dari penelitian lain juga turut menunjukkan adanya perbandingan yang terbalik dan tidak sesuai hipotesis dari penelitian ini.

Menurut Tang (2017), penggunaan energi listrik memiliki pengaruh yang negatif terhadap emisi gas rumah kaca. Hal itu dapat terjadi karena sebagian besar masyarakatnya telah memiliki akses terhadap teknologi terbaharukan untuk peningkatan kualitas lingkungan. Terbukti dengan adanya penggunaan barang yang bersifat ramah lingkungan, yaitu seperti penggunaan produk lampu ramah lingkungan. Penelitian ini juga memiliki beberapa topik pembahasan yang serupa dan terdapat beberapa *research gap* yang menjadi dasar untuk penelitian dengan topik tersebut. Menurut Rahmawati & Adhitya (2020), Fauziyah & Cahyono (2021), Suhendro & Agustin (2020), ketiganya membahas pengaruh mengenai hal apa saja yang dapat memberikan pengaruh pada perubahan iklim, serta masing-masing penelitiannya memiliki fokus pada variabel yang berbeda-beda. Penelitian Rahmawati & Adhitya (2020), membahas pengaruh sektor industri, pertumbuhan ekonomi, dan populasi terhadap emisi gas rumah kaca di ASEAN-5, sedangkan menurut Fauziyah & Cahyono (2021) membahas pengaruh ketimpangan pendapatan, PDRB, dan emisi gas rumah kaca terhadap curah hujan di Indonesia. Menurut Kurniawan & Hidayat (2019), telah menginvestigasi pengaruh setiap faktor terhadap perubahan iklim, namun masih sedikit yang mengintegrasikan seluruh faktor tersebut dalam satu analisis menggunakan metode data panel. Penelitian yang mengintegrasikan semua faktor tersebut dalam satu analisis dengan menggunakan metode data panel diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam memahami pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap perubahan iklim di Indonesia.

Menurut Afrilia & Zulkarnain (2019), Adiningsih (2016), Kurniawan & Hidayat (2018) dan Rizki & Kurniawan (2019), membahas faktor yang berpengaruh terhadap perubahan iklim di Indonesia, namun sebagian besar penelitian tersebut hanya berfokus pada satu atau dua variabel, atau tidak menggunakan metode data panel. Bahasan dari penelitian tersebut, memberikan informasi penting mengenai pengaruh faktor-faktor pembangunan ekonomi dan sosial terhadap perubahan iklim di Indonesia. Mempertimbangkan faktor-faktor ekonomi dan sosial ini, harapan dari penelitian tersebut adalah mampu memberikan pengetahuan tentang bagaimana perubahan iklim bisa dipengaruhi dari beberapa faktor dan membantu merumuskan

kebijakan yang lebih efektif untuk mengatasi dampak negatif perubahan iklim. Mengingat pertumbuhan ekonomi dan pembangunan sosial di pulau Jawa dan pulau Sumatera juga memiliki andil penting yang berpotensi pada perubahan iklim dan perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui faktor penentu terjadinya fenomena perubahan iklim dalam perspektif sosial ekonomi di pulau Sumatera dan pulau Jawa.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah di penelitian ini dibentuk berdasarkan penjelasan pada bagian latar belakang secara singkat:

1. Bagaimana pengaruh PDRB Sektor Industri terhadap perubahan iklim di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera?
2. Bagaimana pengaruh Kepadatan Penduduk terhadap perubahan iklim di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera?
3. Bagaimana pengaruh Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri terhadap perubahan iklim di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan-tujuan berikut ditetapkan oleh para peneliti untuk menganalisis indikator-indikator yang telah diidentifikasi:

1. Menganalisis pengaruh PDRB Sektor Industri terhadap perubahan iklim di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera.
2. Menganalisis pengaruh Kepadatan Penduduk terhadap perubahan iklim di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera.
3. Menganalisis pengaruh Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri terhadap perubahan iklim di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat berikut ini diwujudkan sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian:

1. Sebagai salah satu syarat utama untuk memperoleh gelar sarjana ekonomi.

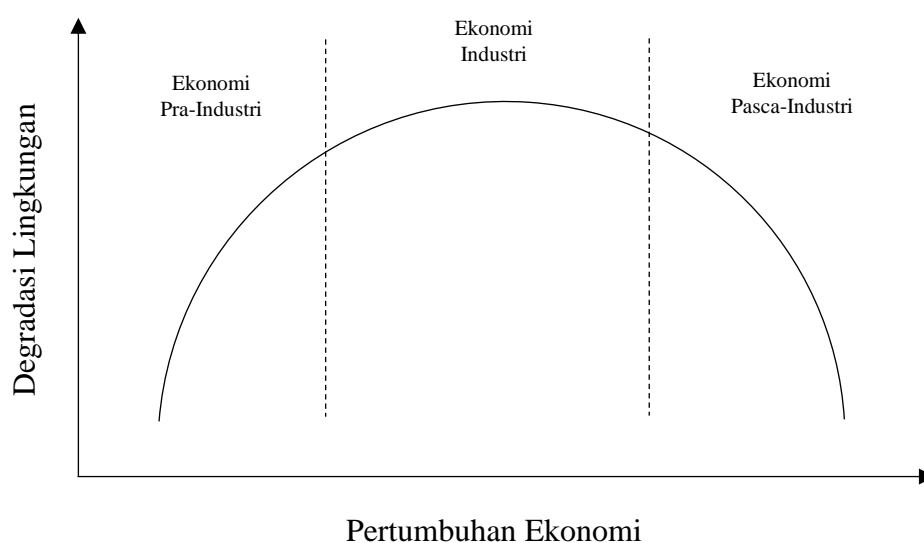
2. Menjadi referensi untuk seluruh pembuat kebijakan, terutama yang berkaitan dengan fenomena perubahan iklim dan mampu memberikan kontribusi terhadap pengentasan fenomena perubahan iklim yang rentan terjadi.
3. Menambah wawasan bagi para pembaca atau peneliti lain mengenai efek dari terjadinya fenomena perubahan iklim dan indikator apa saja yang dapat memberikan pengaruh.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.2.1 Teori Environmental Kuznets Curve (EKC)

Menurut Grossman & Krueger (1995), diketahui untuk menjelaskan keterkaitan antara pertumbuhan ekonomi dengan degradasi lingkungan. Seiring berkembangnya ekonomi modern, sejumlah indikator degradasi lingkungan cenderung menjadikannya semakin parah hingga pendapatan rata-rata mencapai tingkat tertentu. Selain itu juga dijelaskan bahwa hubungan serupa mengenai Kurva Kuznets U-Terbalik tentang pembangunan ekonomi dan degradasi lingkungan adalah dasar dari sebuah model.



Gambar 7. Environmental Kuznets Curve (EKC)

Berdasarkan gambar 7 kurva di atas, menurut Panayotou (1997), perekonomian masih didominasi oleh sumber daya primer pada masa *pre-industrial*. Dicontohkan dengan adanya keterlibatan sektor pertanian sebagai sektor yang menopang perekonomian. Permasalahan di tahap ini adalah

ketersediaan sumber daya alam yang menipis. Tahap ini menunjukkan kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh adanya aktivitas ekonomi berbasis sumber daya.

Tahap selanjutnya ialah *industrial economies*, dijelaskan bahwa perekonomian yang berkembang pesat juga berbanding lurus dengan meningkatnya degradasi lingkungan. Persoalan tersebut diakibatkan, karena adanya bertambahnya jumlah limbah seiring dengan bergesernya sektor pertanian ke sektor industri. Menurutnya, sektor industri memiliki peran terbesar terhadap pendapatan nasional di tahap ini. Menipisnya sumber daya alam yang tersedia dan meningkatnya jumlah pencemar dapat mempercepat kerusakan lingkungan semakin cepat.

Tahap yang terakhir ialah *post-industrial economies*. Merupakan tahap perkembangan yang lebih maju dan akan mengakibatkan terjadinya pergeseran secara struktural ke sektor jasa. Pendapatan akan meningkat sebagai akibat dari pergeseran struktural dari sektor industri ke sektor jasa dengan berbasis teknologi dan akibatnya kerusakan lingkungan akan berkurang (Panayotou, 1993). Tujuannya adalah untuk mengurangi dampak kegiatan ekonomi terhadap lingkungan, para pelaku ekonomi yang bergerak di sektor ini dapat berinovasi dan mempraktikkan ide-ide berkelanjutan.

2.2.2 Perubahan Iklim

Terjadinya perubahan pada siklus iklim, temperatur, dan curah hujan yang signifikan dalam kurun waktu puluhan tahun hingga jutaan tahun disebut sebagai perubahan iklim (Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan, 2017).

Terdapat beberapa indikator yang menandakan bahwa telah terjadi fenomena perubahan iklim, diantaranya terdeteksi melalui adanya peningkatan pada suhu udara rata-rata (Haryanto & Prahara, 2019). Indikator lain yang menandakan terjadinya fenomena perubahan iklim, antara lain cuaca ekstrim,

mencairnya kumpulan es di kutub, dan peningkatan suhu lautan. Penelitian ini menggunakan suhu udara rata-rata yang menggunakan satuan derajat celsius yang menggambarkan indikator dari fenomena perubahan iklim.

2.2.3 Teori Kependudukan Neo-Malthusians

Teori ini muncul pada akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20 untuk memperdebatkan teori malthus yang dipelopori oleh Thomas Robert Malthus. Kelompok dalam aliran neo-malthusians ini diantaranya seperti Garrett Hardin dan Paul Ehrlich menyarankan cara *preventive checks* seperti penggunaan alat kontrasepsi, sebaiknya diterapkan dengan tujuan untuk mengontrol maupun menekan jumlah populasi penduduk yang tinggi di suatu wilayah. Paul Ehrlich juga turut menjelaskan tentang hubungan antara penduduk dan lingkungan dengan karya bukunya yang berjudul "*The Population Bomb*". Telah dijelaskan dalam karyanya tersebut bahwa (1) dunia ini sudah terlalu banyak manusia, (2) situasi dan jumlah bahan makanan yang perlahan mulai terbatas, dan (3) keseimbangan lingkungan alam yang telah mengalami kerusakan dan disebabkan banyaknya jumlah populasi manusia kian bertambah (Alma, 2019).

Menurut Alma (2019), dalam bukunya yang berjudul "Ilmu Kependudukan" turut menjelaskan analisis mengenai teori ini yang diperkuat kembali oleh Meadow melalui karyanya yang berjudul "*The Limit to Growth*". Karyanya memuat isi yang menyatakan bahwa hubungan antara variabel lingkungan, diantaranya penduduk, produksi pertanian, dan produksi industri mampu memberikan dampak buruk seperti adanya polusi, kelaparan, dan menipisnya sumber daya alam yang tersedia tentu akan terjadi dan tidak dapat dihindari. Hal tersebut dapat ditunda dengan cara membatasi pertumbuhan manusia dan mengelola lingkungan alam dengan lebih baik.

2.2.4 Teori Produksi Cobb-Douglas

Model yang diimplementasikan untuk bidang ekonomi dan produksi adalah fungsi produksi Cobb-Douglas. Fungsi produksi Cobb-Douglas umumnya

diterapkan untuk menjelaskan antara hubungan dari input ke output. Menjelaskan bahwa suatu fungsi atau persamaan yang melibatkan dua atau lebih variabel, variabel terikat disimbolkan sebagai Y dan variabel bebas disimbolkan sebagai X. Hubungan antara variabel terikat dan bebas dapat diselesaikan dengan melalui cara regresi yang dijelaskan bahwa variasi dari variabel terikat akan dipengaruhi oleh variasi dari variabel bebas. Menurut Cobb-Douglas, fungsi produksi diartikan dan dijelaskan sebagai hubungan antara modal, tenaga kerja, dan produk yang dihasilkan. Fungsi ini sering disebut juga sebagai fungsi eksponensial. Berikut merupakan penjelasannya secara sistematis:

$$Q = f(K,L) = AK^aL^b$$

Keterangan:

Q : Jumlah Produksi / Output

K : Modal

L : Tenaga Kerja

Nilai dari a dan b dari fungsi Cobb-Douglas diatas menjelaskan elastisitas tenaga kerja dan modal faktor input. Menurut Todaro & Smith (2011), *constant return to scale* merupakan sifat yang dimiliki dari fungsi Cobb-Douglas, yaitu mengartikan bahwa semakin berkurang dalam skala tertentu.

$$Y(t) = K(t)^a(A(t)L(t))^{1-a}$$

Dijelaskan bahwa Y adalah output, K adalah stok modal, L adalah tenaga kerja, dan A(t) adalah produktivitas tenaga kerja yang pertumbuhannya terjadi dan dipengaruhi secara eksogen. Selain itu, dalam fungsi Cobb-Douglas bahwa modal manusia atau H dapat dijelaskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y = AK^aH^bL^{1a-b}$$

$$Y = K^aH^b(A.L)^{1a-b}$$

Persamaan tersebut turut menjelaskan bahwa faktor yang dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi, yaitu modal manusia dan diperoleh

melalui bidang pendidikan yang nantinya dapat menciptakan kualitas yang tinggi untuk tenaga kerja.

2.2.5 PDRB Sektor Industri

Pengelolaan bahan baku atau barang setengah jadi menjadi barang jadi dengan nilai tambah untuk mencari keuntungan umumnya disebut sebagai industri. Jasa selain barang yang diproduksi merupakan hasil dari kegiatan industri. Menurut Badan Pusat Statistik, industri adalah suatu cabang dari aktivitas ekonomi, bisnis atau entitas serupa di mana seseorang bekerja dengan tujuan untuk mencari nafkah. Salah satu cara untuk membuat kehidupan masyarakat menjadi lebih baik adalah melalui industri. Upaya dan tujuan untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia dan kemampuan untuk memanfaatkan sumber daya alam secara optimal juga tidak terlepas dari proses industrialisasi. Berdasarkan laporan yang dihimpun melalui Kementerian Perindustrian (2014) yaitu UU No. 3 Tahun 2014 bahwa definisi dari industri ialah segala bentuk aktivitas ekonomi yang memproses bahan mentah, serta memberdayakan sebaik mungkin sumber daya industri agar menciptakan output dengan nilai tambah yang bermanfaat.

Pemberlakuan Undang-Undang Industri ini bertujuan untuk menjadikan industri sebagai pemantik roda perekonomian, membangun struktur industri yang mandiri, berdaya saing tinggi, serta mendorong pembangunan industri. Salah satu kekuatan utama di balik pengembangan ekonomi penduduk setempat adalah sektor industri. Dilihat dari dampaknya terhadap kondisi perekonomian di daerah, kontribusi sektor pengolahan hasil industri terhadap PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) pembangunan ekonomi tidak dapat diabaikan. Terdapat banyak potensi yang dapat diberikan melalui adanya sektor industri pengolahan terhadap perekonomian di suatu daerah, misalnya seperti memberikan kesempatan kerja yang luas, sumber pendapatan penduduk yang ada di pedesaan, dan penggerak ekspor non-migas. Menurut Purnamawati & Khoirudin (2019), mengenai rencana pembangunan negara berkembang, pertumbuhan sektor industri pengolahan selalu

diprioritaskan. Dikatakan bahwa sektor industri merupakan *leading sector*, hal ini menunjukkan bahwa pembangunan industri dapat berperan sebagai penentu dan dapat membantu sektor pertanian dan jasa. Kegiatan di sektor industri digunakan untuk kekuatan pertumbuhan ekonomi dan juga dapat membantu penduduk yang sudah ada untuk bisa mendapatkan pekerjaan. Menurut Jeshika (2019), industri sangat berperan dalam peningkatan Produk Domestik Bruto dan turut membantu menyerap tenaga kerja dalam jumlah besar, sehingga sangat berpotensi untuk menjadi sumber pertumbuhan ekonomi baru. Disebutkan bahwa salah satu sektor yang muncul sebagai penyumbang utama perekonomian nasional adalah sektor industri. Berdasarkan laporan resmi oleh Kementerian Perindustrian (2022) bahwa sejak Tahun 2010, sektor industri di Indonesia telah menjadi kontribusi terbesar terhadap pembangunan ekonomi, dilihat melalui Produk Domestik Bruto diantara sektor-sektor lapangan usaha lainnya.

2.2.6 Kepadatan Penduduk

Menurut Badan Pusat Statistik (2022), arti singkat kepadatan penduduk ialah banyaknya suatu penduduk yang tersebar dan menunjukkan adanya penduduk di setiap kilometer persegi luas wilayah. Konsep kependudukan mengalami adanya pembaharuan setelah penerapan SP2020. Secara definisi, bahwa setiap individu yang telah memiliki status berdomisili di Negara Kesatuan Republik Indonesia kurang dari satu tahun dengan maksud untuk menetap, bisa diartikan sebagai bagian dari adanya kepadatan penduduk di suatu wilayah. Menurut Rusli (2001), istilah kepadatan penduduk mengacu pada jumlah individu yang menetap di suatu wilayah pada waktu tertentu sebagai akibat dari adanya proses demografis seperti migrasi, kesuburan, dan kematian. Pandangan tersebut diartikan bahwa penduduk adalah kelompok atau individu yang menetap di wilayah tertentu dan bisa mengalami terjadinya perubahan yang diakibatkan karena kelahiran, kematian, dan perpindahan ke wilayah lain.

2.2.7 Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri

Menurut Badan Pusat Statistik (2022), definisi dari “penggunaan energi listrik sektor industri”, yaitu banyaknya energi listrik yang disebarkan dari pembangkit ke penduduk dengan latar belakang pekerjaan di bidang industri maupun bisnis. Mendefinisikan sebagai jumlah energi listrik yang disalurkan dan dapat menjadi representasi dari jumlah energi listrik yang akan digunakan satuan *gigawatt hour*.

2.2 Tinjauan Empiris

Sebelum dilakukan penelitian, peneliti berusaha untuk mencari tahu lebih dalam mengenai penelitian terdahulu yang telah selesai diteliti dan memiliki relevansi yang baik dengan subjek atau topik penelitian yang ingin diteliti. Tabel berikut menunjukkan studi-studi tersebut.

Tabel 3. Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul	Variabel	Metode	Hasil
Radovan Kastrovic, 2019.	<i>Impact of Foreign Direct Investment on Greenhouse Gas Emissions in Agriculture of Developing Countries.</i>	Variabel Terikat: CO ₂ (Karbon Dioksida). Variabel Bebas: Penanaman Modal Asing, Produk Pertanian, Produk Domestik Bruto Per Kapita, Impor Barang Modal, Pangsa Pengguna Internet, Peraturan Lingkungan yang Ketat, Produksi Ternak, Harga Minyak (Brent), dan Harga Minyak (WTI).	Metode GMM (<i>Generalized Method of Moments</i>).	Dampak positif dari adanya investasi asing langsung di bidang pertanian pada intensitas karbon dioksida di negara berkembang. Hasilnya memberikan dukungan yang lemah untuk <i>Pollution Haven Hypothesis</i> dan menyiratkan pentingnya melakukan koordinasi antara investasi asing langsung dan kebijakan lingkungan.
Evelyn Nwamaka Ogbeide-Osaretin, dkk. 2022.	<i>Climate Change, Poverty and Income Inequality Linkage:</i>	Variabel Terikat: Ketimpangan Pendapatan dan Suhu.	Metode ARDL (<i>Autoregressive Distributed Lag</i>) dan	Hasil dari penelitian mengungkapkan bahwa ada hubungan timbal balik yang

Peneliti	Judul	Variabel	Metode	Hasil
	<i>Empirical Evidence from Nigeria.</i>	Variabel Bebas: Tingkat Kemiskinan, Tingkat Pengangguran, Laju Pertumbuhan Penduduk, PDB Riil Per Kapita, dan Konsumsi Batubara	DOLS (<i>Dynamic Ordinary Least Square</i>).	substansial antara perubahan iklim dan ketimpangan pendapatan. Faktor lain dari perubahan iklim adalah pertumbuhan penduduk, pembangunan ekonomi, dan emisi karbon dioksida.
Syed Abdul Rahman Khan. 2019.	<i>The Nexus Between Carbon Emissions, Poverty, Economic Growth, and Logistics Operations-Empirical Evidence from Southeast Asian Countries.</i>	Variabel Terikat: CO ₂ (Karbon Dioksida). Variabel Bebas: PDB Per Kapita, Kemiskinan, Pengeluaran Kesehatan, Indeks Logistik.	Metode GMM (<i>Generalized Method of Moments</i>).	Hasil menunjukkan bahwa kemiskinan dan aktivitas logistik memiliki hubungan yang signifikan dan positif terhadap degradasi lingkungan. Ditinjau melalui CO ₂ (Karbon Dioksida).
Pratikshya Sapkota, Umesh Bastola. (2017).	<i>Foreign Direct Investment, Income and Environmental Pollution in Developing Countries: Panel Data Analysis of Latin America.</i>	Variabel Terikat: Emisi CO ₂ . Variabel Bebas: FDI, Income, Energy, Capital, Population Density, Unemployment Rate, Human Capital.	Metode OLS (<i>Ordinary Least Square</i>).	Hasil menunjukkan bahwa kepadatan penduduk dan konsumsi energi memiliki koefisien yang signifikan dan positif, yaitu menunjukkan menjadi penyebab utama tercemar oleh polusi udara dan berdampak buruk bagi kesehatan lingkungan.
Yuanyuan Hao, 2022.	<i>Effect of Economic Indicators, Renewable Energy Consumption</i>	Variabel Terikat: CO ₂ (Karbon Dioksida).	Metode GMM (<i>Generalized Method of Moments</i>).	Hasil menunjukkan bahwa Pertumbuhan Ekonomi dan Industrialisasi

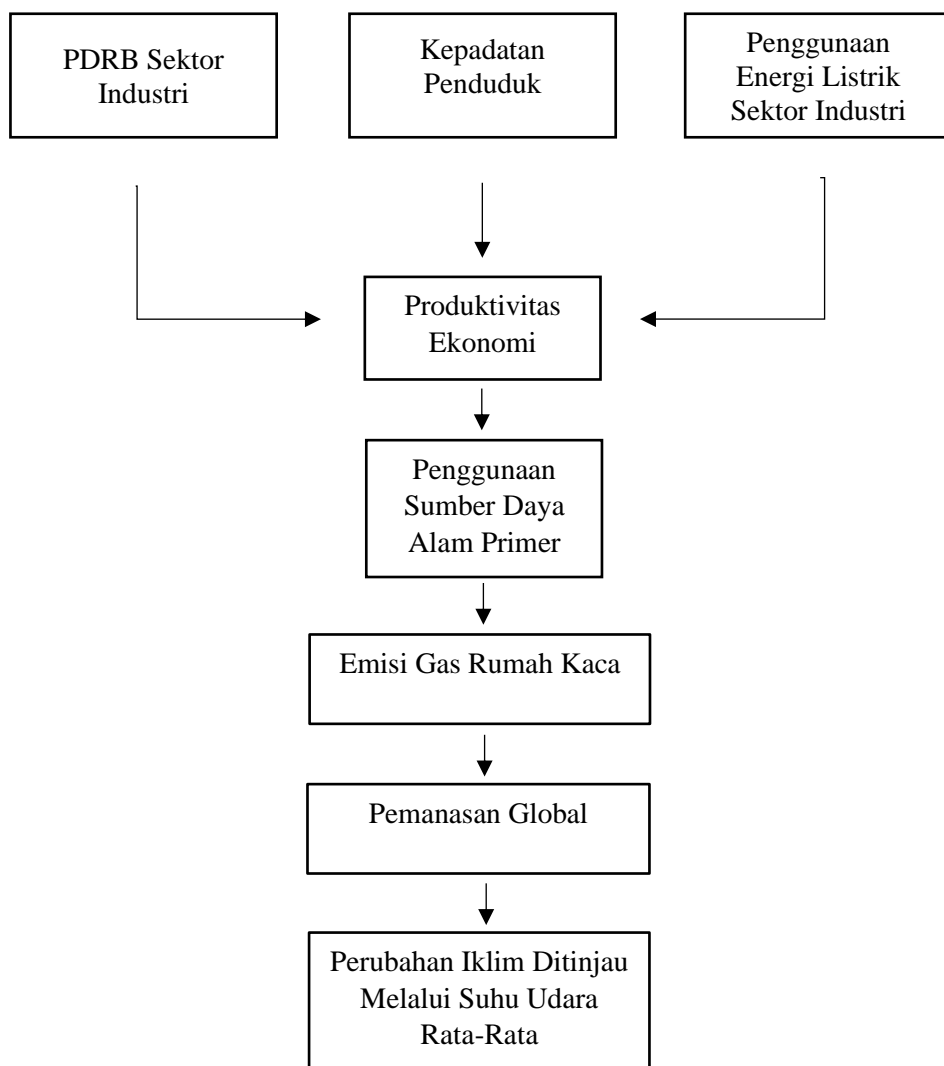
Peneliti	Judul	Variabel	Metode	Hasil
	<i>and Human Development on Climate Change: An Empirical Analysis Based on Panel Data of Selected Countries.</i>	Variabel Bebas: Konsumsi Energi Terbaharukan, IPM, Industrialisasi, FDI, Keterbukaan Perdagangan, dan Pertumbuhan Ekonomi.		memiliki peran yang bervariasi dalam memperparah pencemaran lingkungan melalui Emisi CO ₂ (Karbon Dioksida).
Rendria Santi, Hadi Sasana. (2020).	Analisis Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Jumlah Penduduk, <i>Foreign Direct Investment</i> (FDI), <i>Energy Use/Consumption</i> dan Krisis Ekonomi terhadap Kualitas Lingkungan Ditinjau dari Tingkat <i>Carbon Footprint</i> di ASEAN 8	Variabel Terikat: Emisi CO ₂ . Variabel Bebas: PDB Perkapita, Jumlah Penduduk, <i>Foreign Direct Investment</i> (FDI), <i>Energy Use/Consumption</i> dan Krisis Ekonomi.	Metode OLS (<i>Ordinary Least Square</i>).	Hasil menunjukkan bahwa <i>Environmental Kuznets Curve</i> (EKC) Hypothesis terbukti di 8 negara anggota ASEAN. Selain itu Populasi Penduduk dan <i>Energy Consumption</i> berpengaruh positif dan signifikan terhadap tingkatan <i>Carbon Footprint</i> .
Ersalina Tang. (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	Variabel Terikat: CO ₂ (Karbon Dioksida). Variabel Bebas: Penanaman Modal Asing, Pendapatan Domestik Bruto, Konsumsi Energi, Konsumsi Listrik, dan Konsumsi Daging.	Metode OLS (<i>Ordinary Least Squares</i>).	Hasil temuan menunjukkan bahwa 41 negara mendapatkan keuntungan yang signifikan dari investasi asing, produk domestik bruto, konsumsi energi, dan konsumsi daging. Penelitian di 17 negara Asia menunjukkan bahwa konsumsi energi, investasi asing, dan

Peneliti	Judul	Variabel	Metode	Hasil
	Negara di Asia Periode 1999-2013.			konsumsi listrik semuanya berdampak positif dan signifikan terhadap kualitas lingkungan.
Ayudhia Andarini, dkk. (2016)	Pengaruh Kegiatan Sektor Industri, Pertambangan, dan Transportasi terhadap Kualitas Lingkungan Ditinjau dari Emisi CO ² di Indonesia.	Variabel Terikat: Emisi CO ₂ . Variabel Bebas: PDB Sektor Industri, PDB Sektor Pertambangan, dan PDB Sektor Transportasi.	Metode OLS (<i>Ordinary Least Squares</i>).	Hasil temuan menunjukkan bahwa emisi CO ₂ Indonesia secara signifikan dipengaruhi oleh PDB Sektor Industri. Sementara itu, emisi CO ₂ di Indonesia dipengaruhi secara positif oleh PDB sektor pertambangan dan PDB sektor transportasi.
Retno Febriyastuti Widyawati, dkk. 2021.	Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Populasi Penduduk Kota, Keterbukaan Perdagangan Internasional terhadap Emisi Karbon Dioksida (CO ₂) di Negara ASEAN.	Variabel Terikat: CO ₂ (Karbon Dioksida). Variabel Bebas: Pertumbuhan Ekonomi, Populasi Penduduk Kota, dan Keterbukaan Perdagangan Internasional.	Metode OLS (<i>Ordinary Least Square</i>).	Hasil temuan menunjukkan bahwa populasi memiliki dampak yang signifikan dan positif terhadap CO ₂ (Karbon Dioksida).
Hadi Sasana, Jaka Aminata. 2019.	<i>Energy Subsidy, Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Dioxide Emission: Indonesian Case Studies.</i>	Variabel Terikat: CO ₂ (Karbon Dioksida). Variabel Bebas: PDB Per Kapita, Total Penggunaan Energi Primer, Total Energi Subsidi, Proporsi Penggunaan	Metode OLS (<i>Ordinary Least Square</i>).	Hasil temuan menunjukkan bahwa pertumbuhan populasi, konsumsi energi primer, dan ekspansi ekonomi semuanya memiliki dampak menguntungkan

Peneliti	Judul	Variabel	Metode	Hasil
		Energi Terbaharukan, Globalisasi Ekonomi, dan Pertumbuhan Populasi Penduduk.		pada CO ₂ (Karbon Dioksida).

2.3 Kerangka Pemikiran

Pemahaman yang mendukung pemahaman lainnya dikenal sebagai kerangka berpikir. Paradigma penelitian berdasarkan kerangka kerja berikut kemudian dikembangkan dari penelitian ini, yang terdiri dari keterkaitan antar variabel:



Gambar 8. Kerangka Pemikiran

Gagasan yang digunakan untuk membentuk dan memutuskan persepsi tentang bagaimana variabel yang perlu dipelajari terkait satu sama lain disebut kerangka pemikiran. Selanjutnya diuraikan dengan menggunakan teori-teori yang sudah ada sebelumnya. Ditunjukkan dengan bagian dari keseluruhan variabel bebas PDRB Sektor Industri, Kepadatan Penduduk, dan Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri berada pada satu bagian yang sama. Berperan sebagai faktor penentu yang dapat memicu adanya produktivitas ekonomi. Menurut Suparmoko (1997), bertambahnya penduduk dapat memicu pertumbuhan ekonomi dan secara tidak langsung juga berpengaruh terhadap pencemaran lingkungan. Hal tersebut dapat terjadi, karena meningkatnya kepadatan penduduk juga turut berpengaruh terhadap permintaan atas barang dan jasa. Pengaruh yang ditimbulkan secara otomatis dapat berdampak pada meningkatnya kegiatan produksi atas persediaan barang dan jasa untuk kebutuhan setiap penduduk. Mendorong adanya aktivitas di sektor industri untuk memproduksinya dan sampai saat ini masih mengandalkan ketersediaan sumber daya alam primer berupa bahan bakar fosil sebagai tenaga penggeraknya, yaitu batu bara dan minyak bumi. Produktivitas ekonomi dari sektor industri yang sangat tinggi menunjukkan bahwa sumber daya alam primer dalam jumlah yang besar digunakan dan tentu saja menghasilkan emisi gas buang yang dapat berdampak negatif ke udara. Menurut Zuhri (2014), industrialisasi telah menjadi faktor penggerak pembangunan ekonomi yang memiliki efek ganda dan saling berlawanan, positifnya adalah terhadap pendapatan masyarakat, penyediaan barang dan jasa, serta negatifnya adalah pencemaran yang ditimbulkan seperti polusi udara, polusi air, dan deforestasi. Secara alami, tingkat kerentanan yang tinggi terhadap fenomena perubahan iklim dalam hal meningkatnya suhu udara rata-rata akan terjadi jika jumlah sebaran gas rumah kaca di udara tergolong tinggi.

2.4 Hipotesis

Berikut adalah rumusan hipotesis penelitian:

1. Diduga PDRB Sektor Industri berpengaruh positif dan signifikan terhadap Perubahan Iklim.
2. Diduga Kepadatan Penduduk berpengaruh positif dan signifikan terhadap Perubahan Iklim.

3. Diduga Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri berpengaruh positif dan signifikan terhadap Perubahan Iklim.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data

Metode penelitian yang digunakan merupakan deskriptif kuantitatif. Suatu studi dengan jenis pendekatan yang disebut "pendekatan deskriptif kuantitatif" menggunakan angka sebagai data dan pengukuran statistik untuk bisa mengetahui hasilnya. Metode analisis yang digunakan untuk penelitian ini adalah *Ordinary Least Square (OLS)*.

Data bersifat sekunder digunakan untuk melakukan penelitian ini dan telah didapatkan melalui institusi nasional pemerintah dan organisasi internasional seperti Badan Pusat Statistik, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Perusahaan Listrik Negara (PLN), dan *World Bank*. Penelitian ini menggunakan data panel, yaitu perpaduan antara *data time series* dan *cross section*. Data tahunan atau *time series* dalam periode waktu 2018-2022 digunakan untuk melakukan penelitian ini. Data *cross section* yang digunakan terdiri atas 16 provinsi yang ada di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera. Variabel yang digunakan untuk melakukan penelitian, diantaranya meliputi Suhu Udara Rata-Rata sebagai variabel terikat, sedangkan PDRB Sektor Industri, Kepadatan Penduduk, dan Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri sebagai variabel bebas. Analisis data menggunakan aplikasi Eviews 10. Tabel berikut ini turut menjelaskan mengenai sumber data dari masing-masing variabel yang digunakan.

Tabel 4. Data dan Sumber Data

Variabel	Periode	Satuan	Sumber Data
Suhu Udara Rata-Rata	Tahunan	Derajat Celsius	<i>World Bank</i> dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG)
PDRB Sektor Industri	Tahunan	Milyar Rupiah	Badan Pusat Statistik
Kepadatan Penduduk	Tahunan	Jiwa/Km ²	Badan Pusat Statistik
Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri	Tahunan	<i>Gigawatt Hour</i>	Perusahaan Listrik Negara (PLN)

3.2 Batasan Operasional Variabel

Studi penelitian ini memiliki batas tertentu, sehingga fundamental penelitian tidak menyimpang dari apa yang telah ditetapkan. Berikut adalah batasan operasional variabel yang telah ditetapkan oleh peneliti.

a. Variabel Terikat

Variabel Terikat (Y) adalah Perubahan Iklim. Penelitian ini menggunakan variabel Suhu Udara Rata-Rata sebagai salah satu indikator dari terjadinya fenomena perubahan iklim. *World Bank* dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) merupakan lembaga internasional dan institusi nasional yang menerbitkan data untuk penelitian ini.

b. Variabel Bebas

Variabel Bebas (X) adalah PDRB Sektor Industri, Kepadatan Penduduk, dan Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri. Badan Pusat Statistik (BPS) dan Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan institusi nasional yang menerbitkan data untuk penelitian ini.

3.3 Definisi Operasional Variabel

Berikut adalah definisi operasional dari variabel-variabel penelitian yang digunakan untuk melakukan penelitian:

1. Variabel Terikat (Y)
 - a. Suhu Udara Rata-Rata (TEMP)

Suhu Udara Rata-Rata merupakan derajat atau ukuran panas suatu benda dengan menggunakan satuan derajat celsius. Suhu Udara Rata-Rata berperan sebagai salah satu indikator terjadinya fenomena perubahan iklim.
2. Variabel Bebas (X)
 - a. PDRB Sektor Industri (ADHK)

Produk Domestik Regional Bruto (ADHK) sektor industri di Indonesia merupakan produk yang tercipta dan menandakan adanya kegiatan ekonomi di negara tersebut.
 - b. Kepadatan Penduduk (KP)

Kepadatan Penduduk merupakan banyaknya suatu penduduk yang tersebar dan menunjukkan adanya penduduk di setiap kilometer persegi luas wilayah
 - c. Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri (ELECIND)

Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri merupakan besaran daya listrik yang disebarluaskan kepada penduduk yang memiliki latar belakang pekerjaan di bidang industri dan bisnis komersial, sehingga dapat direpresentasikan sebagai konsumsi energi.

3.4 Metode Analisis Data

Analisis regresi pada dasarnya adalah studi tentang keterkaitan variabel terikat untuk satu atau lebih variabel bebas untuk mencari rata-rata populasi atau rata-rata dari variabel terikat berdasarkan variabel bebas yang diketahui. Penelitian ini menggunakan metode regresi data panel yang merupakan gabungan dari data *time series* dan *cross section* pada periode waktu tertentu.

Keunggulan dari data yang bersifat panel adalah bisa memberikan informasi secara lengkap dan detail, sehingga mampu melihat perbedaan dan perbandingan antar individu pada satu periode dengan periode lainnya.

3.4.1 Model Regresi

Tujuan dari penggunaan model regresi pada data panel adalah untuk mengetahui adanya pengaruh dari Produk Domestik Regional Bruto Sektor

Industri, Kepadatan Penduduk, dan Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS).

a. Spesifikasi Model Penelitian

Model dibentuk sebagai persepsi mengenai persoalan ekonomi yang sedang terjadi, kemudian di dasarkan pada teori dan pemilihan empiris yang sesuai dengan fenomena ekonomi. Terdapat tujuan yang ingin dicapai dari terbentuknya model, yaitu menyederhanakan proses penggunaan variabel yang dianggap penting dan dipilih untuk bisa dicantumkan ke dalam model. Penelitian ini menggunakan teori produksi Cobb-Douglas yang menjelaskan persamaan yang turut melibatkan variabel berjumlah dua atau lebih, terdapat variabel yang disebut sebagai variabel terikat yang dijelaskan (Y) dan variabel yang lain disebut sebagai variabel bebas yang menjelaskan (X). Menurut Soekartawi (2002), terdapat adanya kelebihan dengan penggunaan fungsi Cobb-Douglas, diantaranya adalah:

1. Mempermudah penyelesaian dalam proses untuk diubah menjadi bentuk linear.
2. Koefisien regresi menunjukkan elastisitas.
3. Elastisitas sekaligus memberikan penjelasan mengenai tingkat skala usaha. Apakah mengalami kenaikan, tetap, atau menurun. Koefisien intersep menggambarkan efisiensi penggunaan input.

Berikut adalah model dasar dalam fungsi produksi Cobb-Douglas secara matematis:

$$Q = f(K,L) = AK^aL^b$$

Keterangan:

Q : Jumlah Produksi/Output

K : Modal

L : Tenaga Kerja

Model Cobb-Douglas digunakan yang disesuaikan dengan metode *Ordinary Least Square* (OLS) yang memiliki fungsi sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + e$$

Keterangan:

- Y : Variabel Terikat
 X1, X2, X3 : Variabel Bebas
 β_0 : Konstanta
 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$: Koefisien Variabel Bebas
 e : Variabel Gangguan / Error Correction Term

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, yaitu variabel suhu udara rata-rata sebagai variabel terikat, dan PDRB sektor industri, kepadatan penduduk, dan penggunaan energi listrik sektor industri sebagai variabel independen. Diketahui adanya mengenai satuan dan besaran variabel independen dalam penelitian, sehingga persamaan regresi ditransformasikan ke dalam model logaritma natural. Menurut Ghozali (2017), penggunaan logaritma natural ialah untuk menghindari adanya heteroskedastisitas, mencari tahu koefisien yang menunjukkan elastisitas, serta mendekati skala data.

Skewness dan heteroskedastisitas telah menjadi peran penting dalam *Ordinary Least Square* (OLS) dengan tujuan agar estimasi yang dihasilkan *Best, Linier, Unbiased Estimator* (BLUE). Persamaan dalam penelitian ini merujuk pada model yang telah digunakan oleh Phong (2019), sehingga model persamaan tersebut dimodifikasi menjadi:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln ADHK_{it} + \beta_2 \ln KP_{it} + \beta_3 \ln ELECIND_{it} + \varepsilon_{it}$$

Keterangan:

- Y : Suhu Udara Rata-Rata
 ADHK : PDRB Sektor Industri Atas Dasar Harga Konstan
 KP : Kepadatan Penduduk
 ELECIND : Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri
 β_0 : Konstanta
 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$: Koefisien Variabel Bebas
 e : Variabel Gangguan / *Error Correction Term*

i	: Provinsi
t	: Tahun
ln	: Transformasi Logaritma Natural

3.4.2 Pemilihan Model Estimasi Data Panel

Menurut Basuki & Yuliadi (2015), turut menjelaskan metode apa saja yang bisa digunakan untuk memperkirakan model regresi data panel, yaitu :

a) *Common Effect Model*

Pendekatan model data panel dengan kompleksitas paling sedikit karena hanya menggabungkan data *cross section* dan *time series*. Diasumsikan bahwa data seseorang berperilaku sama selama periode waktu, karena model ini tidak memperhitungkan dimensi waktu atau individu. Metode ini dapat digunakan pendekatan kuadrat terkecil.

b) *Fixed Effect Model*

Merupakan pendekatan yang membuat asumsi bahwa perbedaan individu dapat dibuat dengan perbedaan dalam bagian. *Fixed Effect Model* adalah teknik yang digunakan dengan variabel dummy untuk menemukan perbedaan bagian pada setiap individu, tetapi kemiringannya serupa. *Least Squares Dummy Variable* (LSDV) merupakan model estimasi yang digunakan dalam penelitian ini.

c) *Random Effect Model*

Random effect model, terdapat intersep yang berbeda yang dikompensasi dengan istilah *error* bagi setiap individu. Memanfaatkan model ini juga memiliki keuntungan, yaitu dapat menghilangkan permasalahan heteroskedastisitas. *Generalized Least Squares* (GLS) merupakan nama lain yang dikenal dalam model ini.

Menurut Basuki & Yuliadi (2015), terdapat tiga metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan model regresi data panel, yaitu:

a) Uji Chow

Bertujuan untuk menentukan *fixed effect model* atau *common effect model* yang cocok dalam memperkirakan data panel. Berikut adalah hipotesis dalam Uji Chow:

$$H_0 = \text{Common Effect Model}$$

$$H_1 = \text{Fixed Effect Model}$$

H_0 ditolak ketika *fixed effect model* adalah opsi yang paling tepat, apabila P-Value ($\leq \alpha = 5\%$). *Common effect model* lebih cocok digunakan, tetapi ketika probabilitas ($\geq \alpha = 5\%$) dan mengartikan bahwa H_0 diterima.

b) Uji Hausman

Bertujuan untuk melihat model manakah yang terbaik dari penelitian data panel, antara *random effect model* atau *fixed effect model*. Berikut ini adalah hipotesis yang terbentuk:

$$H_0 = \text{Random Effect Model}$$

$$H_1 = \text{Fixed Effect Model}$$

H_0 ditolak ketika *fixed effect model* adalah opsi yang paling tepat, apabila P-Value ($\leq \alpha = 5\%$). *Random effect model* lebih tepat untuk digunakan, ketika nilai probabilitas ($\geq \alpha = 5\%$) dan mengartikan bahwa H_0 diterima.

c) Uji Lagrange Multiplier

Merupakan uji statistik yang melihat apakah data panel harus diperkirakan menggunakan *random effect model* atau *common effect model*. Uji Lagrange Multiplier (LM) mengarah pada perumusan hipotesis berikut:

$$H_0 = \text{Common Effect Model}$$

$$H_1 = \text{Random Effect Model}$$

Random effect model adalah model terbaik untuk digunakan apabila nilai probabilitas Breusch-Pagan ($< \alpha = 5\%$), sehingga mengartikan bahwa H_0

ditolak. *Common effect model* adalah model terbaik untuk digunakan apabila nilai probabilitasnya ($> \alpha = 5\%$), sehingga mengartikan bahwa H_0 diterima.

3.4.3 Uji Asumsi Klasik

Metode *Ordinary Least Square* (OLS) digunakan dengan tujuan untuk meminimalkan perbedaan antara kondisi dunia nyata dengan hasil perhitungan regresi. *Ordinary Least Square* (OLS) adalah pendekatan langsung yang digunakan untuk melakukan regresi linier terhadap model tertentu. *Ordinary Least Square* (OLS) adalah teknik regresi yang unggul sebagai estimator, sehingga dikenal sebagai estimator linier tak bias yang paling akurat untuk digunakan. BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*), sehingga perhitungan *Ordinary Least Square* biasanya menjadi landasan untuk perumusan suatu keputusan. Estimasi yang akurat akan digunakan sebagai hasilnya, yaitu dengan cara harus lulus dalam beberapa tes uji asumsi klasik.

Menurut Gujarati & Porter (2009), terdapat sepuluh asumsi klasik dan wajib untuk dilakukan. Model persamaan non-linear sebagai yang pertama. Kedua adalah besaran nilai variabel terikat bersifat tetap, meskipun dengan pengambilan sampel yang berulang. Ketiga, tidak ada penyimpangan rata-rata. Keempat, homokedastisitas. Kelima, autokorelasi yang tidak terjangkau antara variabel tersebut. Keenam, besaran kovariansnya adalah nol. Ketujuh, estimasi dari jumlah parameter harus lebih kecil dari jumlah observasi. Kedelapan, nilai variabel bebas bervariasi. Kesembilan, model regresi harus mudah dipahami. Poin terakhir atau kesepuluh, tidak ada permasalahan multikolinearitas. Sepuluh asumsi tersebut apabila telah terpenuhi, maka akan memberikan hasil regresi dengan tingkat kepercayaan yang tinggi.

1. Uji Normalitas

Pengujian normalitas tentunya memiliki tujuan, yaitu mencari informasi mengenai residual yang terdistribusi dengan normal atau tidak. Model regresi dengan nilai residual yang terdistribusi normal merupakan model

terbaik. Pengujian dalam metode ini menggunakan *Jarque-Bera*. Berikut adalah hipotesis yang terbentuk dalam pengujian normalitas:

- Jika probabilitas > 0.05 mengartikan data terdistribusi dengan normal.
- Jika probabilitas < 0.05 mengartikan data tidak terdistribusi dengan normal.

2. Deteksi Multikolinearitas

Deteksi Multikolinearitas digunakan untuk menentukan apakah ada hubungan linear model regresi antara variabel bebas yang menyimpang dari asumsi multikolinearitas. Model regresi terbaik memiliki syarat, yaitu variabel bebas tidak memiliki korelasi antara satu sama lain. Kriteria pengujian deteksi multikolinearitas adalah dengan menggunakan metode koefisien korelasi sampel. Berikut adalah hipotesisnya:

H_0 : Terjangkit multikolinearitas antar variabel bebas.

H_1 : Tidak terjangkit multikolinearitas antar variabel bebas.

Menurut Widarjono (2018), permasalahan dalam multikolinearitas dapat terjadi sebagai akibat dari variabel bebas ditunjukkan dengan nilai *variance inflation factor (vif)* yang lebih besar dari 10. Selain itu, apabila dalam deteksi multikolinearitas seluruh variabel bebas memiliki nilai *variance inflation factor (vif)* lebih kecil dari 10, maka dapat diartikan penelitian tersebut tidak terjangkit masalah multikolinearitas.

3. Uji Heteroskedastisitas

Tujuan dari uji heteroskedastisitas ini adalah mencari informasi pada model regresi residual, apakah menunjukkan adanya ketidaksamaan varian dengan pengamatan lain. Hipotesis yang terbentuk dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

H_0 : Terdapat heteroskedastisitas.

H_α : Tidak terdapat heteroskedastisitas.

Metode yang digunakan untuk mengetahui adanya masalah heteroskedastisitas atau tidak dalam suatu model regresi linier berganda adalah dengan uji glejser. Berikut adalah hipotesis yang terbentuk dalam pengujian heteroskedastisitas:

- Apabila *probability chi-square* < 0.05 mengartikan H_0 diterima dan H_a ditolak, sehingga disimpulkan ada masalah heteroskedastisitas.
- Apabila *probability chi-square* > 0.05 mengartikan H_0 ditolak dan H_a diterima, sehingga disimpulkan terbebas dari masalah heteroskedastisitas.

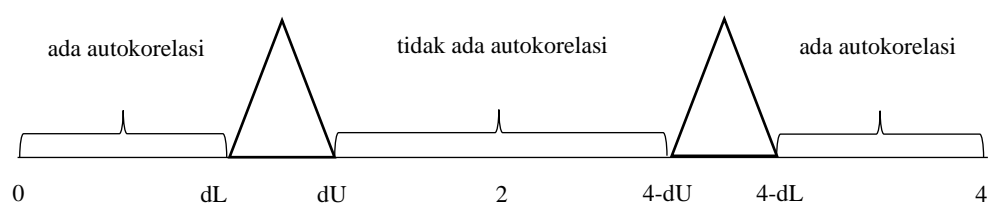
4. Uji Autokorelasi

Tujuan dari uji autokorelasi adalah untuk mengetahui apakah ada korelasi atau hubungan antara pengamatan pertama dengan pengamatan kedua. Terdapat beberapa macam analisis yang dapat digunakan untuk menemukan permasalahan dalam uji autokorelasi, yaitu dengan menggunakan Durbin-Watson. Berikut adalah hipotesis yang terbentuk untuk uji autokorelasi.

H_0 : Tidak terdapat autokorelasi.

H_a : Terdapat autokorelasi.

Uji Durbin-Watson digunakan dalam penelitian ini dan digambarkan dengan gambar di bawah ini:



Menurut Basuki & Prawoto (2016), pengujian autokorelasi hanya terjadi dan wajib dilakukan pada data runtun waktu. Uji autokorelasi tidak terlalu penting untuk dilakukan terhadap data yang bersifat panel atau *cross section*. Berikut ini merupakan keputusan yang dapat ditentukan setelah melakukan uji autokorelasi:

Tabel 5. Keputusan Uji Autokorelasi

Nilai Statistik d	Hasil
$0 < d < dL$	Terdapat autokorelasi positif
$dL < d < dU$	Tidak ada keputusan
$dU < d < 4 - dU$	Tidak ada autokorelasi positif/negatif
$4 - dU < d < 4 - dL$	Tidak ada keputusan
$4 - dL < d < 4$	Terdapat autokorelasi negatif

3.4.4 Uji Hipotesis

a) Uji t-statistik (Uji Parsial)

Bertujuan dalam mencari tahu seberapa signifikan nilai dari setiap variabel bebas. Apakah terdapat pengaruhnya terhadap variabel terikat. Berikut hipotesis pengujian yang dilakukan dengan satu arah dengan tingkat signifikansi kurang dari 5%:

$H_0: \beta_1 \leq 0$ = variabel bebas tidak berpengaruh positif terhadap variabel terikat

$H_a: \beta_1 > 0$ = variabel bebas berpengaruh positif terhadap variabel terikat

Kriteria pengujian:

- Apabila $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$, menandakan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima. Mengartikan variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat.
- Apabila $t\text{-hitung} < t\text{-tabel}$, menandakan bahwa H_0 diterima dan H_a ditolak. Mengartikan variabel bebas tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat.

b) Uji F-Statistik (Uji Simultan)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menguji pengaruh dari semua variabel bebas terhadap variabel terikat. Pengujian ini menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ dengan kriteria sebagai berikut:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$ variabel bebas tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel terikat.

$H_a: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq \beta_5 \neq 0$ variabel bebas memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel terikat.

Kriteria pengujian:

- Apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, menandakan H_0 ditolak dan H_a diterima. Mengartikan bahwa secara simultan variabel bebas berpengaruh terhadap variabel terikat.
- Apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$, menandakan H_0 diterima dan H_a ditolak. Mengartikan bahwa secara simultan variabel bebas berpengaruh terhadap variabel terikat.

3.4.5 Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Proporsi atau persentase variasi total dalam variabel independen dijelaskan melalui model regresi yang diukur dengan menggunakan koefisien determinasi. Rentang koefisien determinasi adalah $0 \leq R\text{-Squared} \leq 1$. Nilai R-Squared yang mendekati 1 atau 100%, dapat diartikan sebagai model terbaik. Kesimpulannya sebagai berikut:

- a) Kemampuan variabel untuk menjelaskan variabel dependen sangat terbatas, apabila nilai R-Squared mendekati nol.
- b) Ketika nilai R-Squared mendekati satu, hal ini menunjukkan bahwa variabel bebas mengandung hampir semua informasi yang diperlukan untuk memprediksi variasi variabel terikat.

Mengartikan apabila R-Squared menunjukkan hasil mendekati 1, menandakan bahwa fenomena perubahan iklim yang ditinjau melalui tingkat suhu rata-rata dapat dijelaskan melalui variabel bebas, yaitu Produk Domestik Regional Bruto Sektor Industri, Kepadatan Penduduk, dan Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri. Sisanya, yaitu $(100\% - R\text{-Squared})$ dapat dijelaskan dengan sebab-sebab lain diluar model.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan pada penelitian dan juga pembahasan, maka berikut ini adalah kesimpulannya:

1. Berdasarkan hasil analisis data yang telah diperoleh bahwa PDRB Sektor Industri Pengolahan Atas Dasar Harga Konstan berpengaruh signifikan dan positif terhadap terjadinya fenomena perubahan iklim yang ditinjau melalui suhu udara rata-rata di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera Tahun 2018-2022. Hasil tersebut sesuai dengan arah hipotesis, yaitu signifikan dan positif terhadap suhu udara rata-rata.
2. Berdasarkan hasil analisis data yang telah diperoleh bahwa Kepadatan Penduduk berpengaruh signifikan dan positif terhadap terjadinya fenomena perubahan iklim yang ditinjau melalui suhu udara rata-rata di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera Tahun 2018-2022. Hasil tersebut sesuai dengan arah hipotesis, yaitu signifikan dan positif terhadap suhu udara rata-rata.
3. Berdasarkan hasil analisis data yang telah diperoleh bahwa Penggunaan Energi Listrik Sektor Industri berpengaruh signifikan dan positif terhadap terjadinya fenomena perubahan iklim yang ditinjau melalui suhu udara rata-rata di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera Tahun 2018-2022. Hasil tersebut sesuai dengan arah hipotesis, yaitu signifikan dan positif terhadap suhu udara rata-rata.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil dari analisis data yang telah dilakukan mengenai penelitian ini, harapannya dapat bermanfaat sebagai referensi dan sumber dalam proses pengambilan suatu kebijakan.

1. Pemerintah Republik Indonesia diharapkan segera merumuskan strategi dan langkah yang tepat untuk pembangunan rendah karbon guna mencapai *net zero emission* pada tahun 2050 yang tertulis dalam Peraturan Presiden Nomor 18 Tahun 2020. Pembangunan rendah karbon dapat terwujud dengan menerapkan aktivitas ekonomi hijau atau *green economy*, seperti penerapan pajak karbon untuk mengurangi eksternalitas negatif dari produksi emisi karbon di sektor industri. Harapannya adalah segera diterapkan di wilayah dengan aktivitas industri yang tinggi, seperti Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, DKI Jakarta, dan Banten. Penerapan lainnya seperti sanksi pidana dan administratif juga harus diterapkan sesuai Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2013 tentang Pencegahan dan Pemberantasan Perusakan Hutan. Isu lingkungan seperti kebakaran hutan dan lahan akibat perubahan fungsi lahan oleh pelaku industri menjadi masalah utama, sehingga tidak hanya penerapan pajak karbon yang harus diberlakukan khususnya Provinsi di Riau, Aceh, Jambi, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, dan Kepulauan Bangka Belitung.
2. Peran dari Pemerintah Republik Indonesia diperlukan untuk mengatur adanya peningkatan dari kepadatan penduduk, serta mendorong pelaksanaan pembangunan yang bertujuan untuk meningkatkan berbagai kesempatan kerja dari berbagai sektor yang ada terutama di pedesaan. Hal tersebut perlu dilakukan untuk mengurangi penduduk di wilayah pedesaan yang berpindah ke wilayah perkotaan dengan tujuan untuk mencari pekerjaan. Kebijakan lainnya yang perlu dilakukan oleh pemerintah adalah dengan memaksimalkan program keluarga berencana dan program transmigrasi yang bertujuan agar persebaran penduduk dapat merata dengan sempurna.
3. Revitalisasi penerapan *smart grid* di Indonesia saat ini sudah diberlakukan, meskipun baru hanya sembilan proyek yang berjalan. Penerapan *smart grid* diantaranya untuk mengantisipasi penggunaan energi listrik yang tinggi di kalangan masyarakat di Indonesia. Bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi, meningkatkan keandalan dan stabilitas suplai, serta mampu mengurangi emisi karbon dioksida dengan adanya penggunaan dari pembangkit *renewable & hybrid* dalam sistem tenaga listrik. Harapannya

dengan memaksimalkan penerapannya, dapat meminimalisir biaya yang dihasilkan karena penggunaannya dan dampak negatif secara langsung terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, E. S. (2016). Indonesia's Climate Change Policies: Progress and Challenges. *Journal of Sustainable Development Law and Policy*, 5(1), 34–50.
- Afrilia, R., & Zulkarnain, A. (2019). The Effect of Economic Growth, Industry Sector, And Energy Consumption on CO2 Emissions in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1155(1).
- Akhirul, Witra, Y., Umar, I., & Erianjoni. (2020). Dampak Negatif Pertumbuhan Penduduk Terhadap Lingkungan Dan Upaya Mengatasinya. *Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan Lingkungan*, 1(3), 76–84.
- Alma, L. R. (2019). *Ilmu Kependudukan*. Wineka Media.
- Aryananda, L., Setiawan, A., & Sari, R. (2021). Dampak Distribusi dan Pemanfaatan Listrik yang Tidak Efisien terhadap Kenaikan Suhu Udara: Studi Kasus Wilayah Metropolitan Jakarta, Indonesia. *Jurnal Lingkungan Dan Kesehatan Masyarakat*.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan G. (2022). *Ekstrem Perubahan Iklim*. Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika. <https://www.bmkg.go.id/>
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Triwulan IV-2020* (Issue 13). <https://www.bps.go.id/pressrelease/2021/02/05/1811/ekonomi-indonesia-2020-turun-sebesar-2-07-persen--c-to-c-.html>
- Badan Pusat Statistik. (2022a). *Jumlah listrik yang didistribusikan kepada pelanggan industri dan komersial*. Sistem Informasi Rujukan Statistik - Badan Pusat Statistik. <https://sirusa.bps.go.id/sirusa/index.php/variabel/7558>
- Badan Pusat Statistik. (2022b). *Kependudukan*. Badan Pusat Statistik Nasional Republik Indonesia.
- Bappenas. (2020). *Penanganan Perubahan Iklim Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, SDGs*. Kementerian PPN/Bappenas. <https://sdgs.bappenas.go.id/tujuan-13/>
- Basuki, A. T., & Prawoto, N. (2016). *Analisis Regresi Dalam Penelitian Ekonomi & Bisnis* (Edisi Kedua). Rajawali Pers.
- Basuki, A. T., & Yuliadi, I. (2015). *Ekonometrika Teori & Aplikasi*. Mitra Pustaka Nurani.
- Esa, M. R. M., Muhammad-Sukki, F., Abu-Bakar, S. H., & Munir, A. B. (2019). Studi Tentang Dampak Pembangunan Industri terhadap Emisi Karbon dan Perubahan Suhu di Malaysia. *Environmental Science and Pollution Research*,

26(26), 509–522.

- Fauziyah, R., & Cahyono, E. (2021). Pengaruh Ketimpangan Pendapatan, PDRB, dan Emisi Gas Rumah Kaca terhadap Curah Hujan di Indonesia dengan Pendekatan Data Panel. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(3), 235–243.
- Febriana, S., Diartho, H. C., & Istiyani, N. (2019). Hubungan Pembangunan Ekonomi Terhadap Kualitas Lingkungan Hidup Di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Dinamika Ekonomi Pembangunan*, 2(2), 58–70. <https://doi.org/10.14710/jdep.2.2.58-70>
- Firdaus, A. Y., & Wandira, P. A. (2022). Diplomasi lingkungan hidup Indonesia : isu mitigasi perubahan iklim. *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia*, 8(3), 540–545.
- Ghozali, I. (2017). *Analisis Multivariat dan Ekonometrika: Teori, Konsep, dan Aplikasi Dengan EViews 10*. (Edisi 1). Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic Growth and The Environment. *Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377.
- Gugler, K., Haxhimusa, A., & Liebensteiner, M. (2023). Carbon pricing and emissions: Causal effects of Britain’s carbon tax. *Energy Economics*, 121(May 2022), 106655. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106655>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic Econometrics. In *The McGraw-Hill Companies* (Fifth Edit).
- Haryanto, H. C., & Prahara, S. A. (2019). Perubahan Iklim, Siapa Yang Bertanggung Jawab? *Insight: Jurnal Ilmiah Psikologi*, 21(2), 50. <https://doi.org/10.26486/psikologi.v21i2.811>
- Hossain, S. (2012). An Econometric Analysis for CO2 Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, Foreign Trade and Urbanization of Japan. *Scientific Research*, 3, 92–105.
- Hosseini, V., Ghobadian, B., Najafi, G., & Sabzemaleki, M. (2020). Pengaruh Rugi Energi dari Sistem Transmisi dan Distribusi Energi Listrik terhadap Lingkungan Dalam Negeri dan Teknologi Hijau. *Springer*, 65–79.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2015). *AR5 Synthesis Report : Climate Change 2014*. The Intergovernmental Panel on Climate Change.
- International Energy Agency. (2011). Technology Roadmap Smart Grids. In *Technology Roadmapping*. <https://doi.org/10.1142/10859>
- Jeshika. (2019). Perkembangan Industri Nasional Menuju Industri Tangguh 2035. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, 8(1), 1766–1775.
- Juliani, R., Rahmayani, D., Akmal, N. T., & Janah, L. F. (2021). Analisis Kausalitas Pariwisata, Konsumsi Energi Fosil, Pertumbuhan Ekonomi, dan Emisi CO2 di Indonesia. *Jurnal Dinamika Ekonomi Pembangunan*, 4(2), 124–139. <https://doi.org/10.14710/jdep.4.2.124-139>

- Kementerian Energi & Sumber Daya Mineral. (2018). *Laporan Kinerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Tahun 2018*.
- Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan. (2017). *Komitmen Indonesia Dalam Pengendalian Perubahan Iklim*. Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim - Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan.
- Kementerian Perindustrian. (2014). *UU Perindustrian Membangun Daya Saing* (Issue 01).
- Kementerian Perindustrian. (2022). *Industri Manufaktur Indonesia Semakin Ekspansif*. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. <https://kemenperin.go.id/>
- Khusna, V. A., & Kusumawardani, D. (2021). Decomposition of Carbon Dioxide (CO₂) Emissions in ASEAN Based on Kaya Identity. *Indonesian Journal of Energy*, 4(2), 101–114. <https://doi.org/10.33116/ije.v4i2.122>
- Kurniawan, A., & Hidayat, A. (2018). The Effect of Energy Consumption and Economic Growth on Carbon Dioxide Emissions in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1028(1).
- Kurniawan, A., & Hidayat, W. (2019). The impact of economic growth, income inequality, and industrial structure on CO₂ emissions in Indonesia. *Journal of Cleaner Production*, 1102–1112.
- Liu, C., Lv, P., & Yang, Y. (2020). The Impact of Economic Growth on Carbon Emissions and Temperature: Evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(27), 34068–34077.
- Mankiw, N. G. (2015). *Principle of Microeconomics: 7th Edition*. Cengage Learning.
- Meutiawati, F., Hamzah, A., & Putra, R. (2021). The Impact of Industrial Sector's Gross Domestic Product (GDP) on CO₂ Emissions and Temperature Increase in Indonesia. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 12(2), 382–390.
- National Aeronautics and Space Administration. (2022). *Global Temperature*. NASA Global Climate Change, Vital Signs of The Planet. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>
- Ogbeide-Osaretin, E. N., Orhewere, B., Ebhote, O., Akhor, S. O., & Imide, I. O. (2022). Climate Change, Poverty and Income Inequality Linkage: Empirical Evidence from Nigeria. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(5), 332–341. <https://doi.org/10.32479/ijeep.13556>
- Özokcu, S., & Özdemir, Ö. (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72(November 2016), 639–647. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.059>
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. In *Pacific and Asian Journal of Energy* (Vol. 4, Issue 1).

- 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>
- Peraturan Presiden. (2020). *Peraturan Presiden Republik Indonesia No 18 Tahun 2020 Tentang Sistem Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024*. 2271.
- Perusahaan Listrik Negara. (2021). *Pengembangan Smart Grid di Indonesia*. <https://doi.org/10.52065/2520-6877-2021-250-2-5-14>
- Phong, L. H. (2019). Globalization, financial development, and environmental degradation in the presence of environmental Kuznets curve: Evidence from ASEAN-5 countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2), 40–50. <https://doi.org/10.32479/ijeeep.7290>
- Pramudiyanto, A. S., & Suedy, S. W. A. (2020). Energi Bersih dan Ramah Lingkungan dari Biomassa untuk Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim yang Ekstrem. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(3), 86–99. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.9990>
- Prasetyo, S., Hidayat, U., Haryanto, Y. D., & Riama, N. F. (2021). Variasi dan Trend Suhu Udara Permukaan di Pulau Jawa. *Jurnal Geografi, Universitas Negeri Semarang*, 18(1), 60–68. <https://doi.org/10.15294/jg.v18i1.27622>
- Pratama, B. A., Ramadhani, M. A., Lubis, P. M., & Firmansyah, A. (2022). Implementasi Pajak Karbon Di Indonesia: Potensi Penerimaan Negara Dan Penurunan Jumlah Emisi Karbon. *Jurnal Pajak Indonesia (Indonesian Tax Review)*, 6(2), 368–374. <https://doi.org/10.31092/jpi.v6i2.1827>
- Purnamawati, D. L., & Khoirudin, R. (2019). Penyerapan Tenaga Kerja Sektor Manufaktur Di Jawa Tengah 2011-2015. *Jurnal REP (Riset Ekonomi Pembangunan)*, 4(1), 41–52. <https://doi.org/10.31002/rep.v4i1.1340>
- Putra, S. N., & Satrianto, A. (2019). Analisis Hubungan Kausalitas Penggunaan Energi, Pertumbuhan Ekonomi, dan Emisi Lingkungan di Indonesia. *Jurnal Kajian Ekonomi Dan Pembangunan, Universitas Negeri Padang*, 1(1), 49–68.
- Rahmawati, D., & Adhitya, D. (2020). The Effect of Industrial Sector, Economic Growth and Population on Carbon Dioxide Emissions in ASEAN-5: A Panel Data Analysis. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 10(8), 48–55.
- Rahmawati, R., & Akhmad, R. (2021). The Impact of Economic Growth on Carbon Emissions and Temperature Change: Evidence from Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(4), 4334–4343.
- Raymond, A., Soutter, B., & Möttus, R. (2020). “Global warming” versus “climate change”: A replication on the association between political self-identification , question wording , and environmental beliefs. *Journal of Environmental Psychology*, October 2019, 101413. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101413>

- Rizki, P. N., & Kurniawan, D. A. (2019). The Relationship of Income Inequality, Economic Growth, and Energy Consumption to CO2 Emissions in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(1).
- Rusli, S. (2001). *Pengantar Ilmu Kependudukan*. Lembaga Penelitian, Pendidikan, dan Penerangan Ekonomi & Sosial (LP3ES).
- Saharjo, B. H., & Nugraha, D. A. (2022). Pengaruh Curah Hujan Terhadap Penurunan Titik Panas (Hotspot) di Indonesia pada Tahun 2019-2020. *Jurnal Silviculture Tropika*, 13(03), 184–190.
- Sakti, O., & Sukartini, N. M. (2020). Karakteristik Individu dan Perilaku Peduli Lingkungan: Penggunaan Listrik. *IJEEM: Indonesian Journal of Environmental Education and Management*, 5(1), 34–48. <https://doi.org/10.21009/ijeem.051.03>
- Sasana, H., & Aminata, J. (2019). Energy Subsidy, Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Dioxide Emission: Indonesian Case Studies. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2), 117–122. <https://doi.org/10.32479/ijeep.7479>
- Satria, A., Rahmawati, R., & Akhmad, R. (2020). The Impact of Industrial Development on Carbon Emissions and Temperature Change: Evidence from ASEAN Countries. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 11(11), 2729–2738.
- Sinaga, D. H., Sasue, R. R. O., & Hutahaean, H. D. (2021). Pemanfaatan Energi Terbarukan Dengan Menerapkan Smart Grid Sebagai Jaringan Listrik Masa Depan. *Journal Zetroem*, 3(1), 11–17. <https://doi.org/10.36526/ztr.v3i1.1251>
- Soekartawi. (2002). *Teori Ekonomi Produksi dengan Pokok Bahasan Analisis Fungsi Produksi Cobb-Douglas*. PT. RajaGrafindo Persada.
- Suhendro, B., & Agustin, W. (2020). Analisis Pengaruh Populasi, Konsumsi Energi, dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia. *Jurnal Ilmu Ekonomi Pembangunan*, 11(2), 140–148.
- Suparmoko, M. (1997). *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan: Suatu Pendekatan Teoritis* (Edisi Ket). BPFY Yogyakarta.
- 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. <https://doi.org/10.4135/9781483381411.n400>
- Todaro, M. P., & Smith, S. C. (2011). *Pembangunan Ekonomi* (Edisi 11). Erlangga.
- Undang-Undang RI. (2021). *Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2021 Tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan*. 1–119.
- United Nations Development Programme. (2016). UNDP Support to The Implementation of Sustainable Development Goal 13. In *United Nations Development Programme*. <https://doi.org/10.4324/9781351067478-8>

- Widarjono, A. (2018). *Ekonometrika: Pengantar dan Aplikasinya Disertai Panduan Eviews* (Edisi Keli). UPP STIM YKPN.
- Widyawati, R. F., Hariani, E., Ginting, A. L., & Nainggolan, E. (2021). Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Populasi Penduduk Kota, Keterbukaan Perdagangan Internasional Terhadap Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) Di Negara ASEAN. *Jambura Agribusiness Journal*, 3(1), 37–47. <https://doi.org/10.37046/jaj.v3i1.11193>
- Zuhri, M. S. (2014). Pengaruh Faktor-faktor Demografi Terhadap Emisi Udara di Indonesia. *Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Pembangunan, Universitas Sebelas Maret*, 14(2), 32. <https://jurnal.uns.ac.id/jiep/article/view/9880/8796>