

**PENGARUH PERTUMBUHAN EKONOMI, PERTUMBUHAN
PENDUDUK, DAN KONSUMSI ENERGI TERHADAP EMISI CO2
DI INDONESIA**

(Skripsi)

Oleh

ANGGI ROSALIA PUTRI



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

ABSTRACT

***THE EFFECT ECONOMIC GROWTH, POPULATION GROWTH, AND
ENERGY CONSUMPTION ON EMISSIONS CO2 IN INDONESIA***

By

ANGGI ROSALIA PUTRI

The purpose of this study is to see the effect of Economic Growth, Population Growth, and Energy Consumption on CO2 Emissions in Indonesia in the long and short term. The analytical method used is the Error Correction Model (ECM) with 28 research data from 1992 to 2020. The research variables are CO2 Emissions (CO2), Economic Growth (Growth), Population Growth (POP), and Energy Consumption (KE). . The results of this study indicate that growth has a positive and insignificant effect on the long and short term. Variable POP in the short term has a positive and significant effect, while in the long term it has a negative and significant effect. Variabel KE has a positive and significant effect on the long term and short term.

Keywords: *Emissions CO2, Error Correction Model (ECM), Economic Growth, Energy Consumption, Population Growth.*

ABSTRAK

PENGARUH PERTUMBUHAN EKONOMI, PERTUMBUHAN PENDUDUK, DAN KONSUMSI ENERGI TERHADAP EMISI CO₂ DI INDONESIA

Oleh

ANGGI ROSALIA PUTRI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi terhadap Emisi CO₂ di Indonesia dalam jangka panjang dan jangka pendek. Metode analisis yang digunakan adalah *Error Correction Model* (ECM) dengan data penelitian sebanyak 28 dari tahun 1992 sampai 2020. Dengan variabel penelitian yaitu Emisi CO₂ (CO₂), Pertumbuhan Ekonomi (*Growth*), Pertumbuhan Penduduk (POP), dan Konsumsi Energi (KE). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variabel *Growth* berpengaruh positif dan tidak signifikan pada jangka panjang dan jangka pendek. Variabel POP dalam jangka pendek berpengaruh secara positif dan tidak signifikan, sedangkan pada jangka panjang berpengaruh negatif dan signifikan. Variabel KE berpengaruh secara positif dan signifikan pada jangka panjang dan jangka pendek.

Kata kunci: Emisi CO₂, *Error Correction Model* (ECM), Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk.

**PENGARUH PERTUMBUHAN EKONOMI, PERTUMBUHAN
PENDUDUK, DAN KONSUMSI ENERGI TERHADAP EMISI CO₂
DI INDONESIA**

Oleh

ANGGI ROSALIA PUTRI

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 : **PENGARUH PERTUMBUHAN EKONOMI,
PERTUMBUHAN PENDUDUK, DAN KONSUMSI
ENERGI TERHADAP EMISI CO2 DI INDONESIA**

Nama Mahasiswa : **Anggi Rosafia Putri**

Nomor Induk Mahasiswa : **1811021060**

Program Studi : **Ekonomi Pembangunan**

Fakultas : **Ekonomi dan Bisnis**



Prof. Dr. Toto Gunarto, S.E., M.SI.
NIP 19560325 198303 1 002

MENGETAHUI

Ketua Jurusan Ekonomi Pembangunan

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Neli Aida', is written over the text of the Dean's position.

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Toto Gunarto, S.E., M.Si.



Penguji I : Zulfa Emalia, S.E., M.Sc



Penguji II : Asih Murwiati, S.E., M.E





2. Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis

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



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 18 Januari 2023

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Anggi Rosalia Putri

NPM : 1811021060

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi Terhadap Emisi CO2 di Indonesia" adalah hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan penjiplakan hasil karya orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka, saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Februari 2023



Anggi Rosalia Putri

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Anggi Rosalia Putri yang lahir pada tanggal 25 Maret 2000 di Kota Bandar Lampung. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Zulkifli dan Alm. Ibu Juminah. Penulis mengawali pendidikan di taman kanak-kanak di TK Al-Munawarrah, Kecamatan Tanjung Karang Barat Bandar Lampung. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SD Negeri 2 Palapa pada tahun 2007 dan selesai pada tahun 2012. Pada jenjang selanjutnya, penulis menempuh pendidikannya di SMP Negeri 10 Bandar Lampung pada tahun 2012 dan selesai pada tahun 2015. Selanjutnya pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 14 Bandar Lampung. Selama SMA, penulis aktif dalam ekstrakurikuler paduan suara.

Pada tahun 2018, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama kuliah, penulis aktif dalam berorganisasi di tingkat fakultas. Penulis aktif sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Ekonomi Pembangunan (HIMEPA), anggota Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM), dan anggota *Economic Business Entrepreneurship Club (EBEC)*. Pada tahun 2020, penulis telah mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Sukajawa, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung. Pada bulan Agustus tahun 2021 penulis melaksanakan MAGANG di Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Provinsi Lampung.

MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(QS. Ar-Ra'd : 11)

“Ketika tuhan mengambil sesuatu dari genggamannya, Dia tidak menghukummu. Namun hanya membuka tanganmu untuk menerima yang lebih baik”

(5 CM)

“Siapapun dirimu, jadilah yang terbaik”

(Abraham Lincoln)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alaamiin

Dengan mengucap rasa syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan nikmat yang telah diberikan, ku persembahkan skripsi ini kepada:

Diriku yang begitu hebat bisa sampai di titik ini.

Orang tua ku yang sangat ku sayangi, Bapak Zulkifli dan terkhusus alm Ibu Juminah yang telah melahirkanku, merawatku, membesarkan dan mendidikku.

Abang ku tercinta, Yoga Pratama. Serta seluruh keluarga besar yang tak henti memberikan doa dan dukungannya.

Para Dosen Jurusan Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung yang telah memberikan bimbingan dan ilmu yang sangat berharga bagi penulis.

Dan tak lupa almamater tercinta Jurusan Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung.

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alaamiin, Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat meraih gelar Sarjana Ekonomi pada Jurusan Ekonomi Pembangunan. Skripsi ini berjudul "Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi Terhadap Emisi CO2 di Indonesia". Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis mendapatkan bimbingan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan baik. Untuk itu dalam kesempatan ini dengan penuh kasih dan sayang penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Nairobi, S.E., M.Si selaku Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung.
2. Ibu Dr. Neli Aida, S.E., M.Si selaku Ketua Jurusan Ekonomi Pembangunan Universitas Lampung.
3. Bapak Heru Wahyudi, S.E., M.Si selaku Sekertris Jurusan Ekonomi Pembangunan Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Toto Gunarto, S.E., M.Si Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak masukan, arahan, serta ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Lies Maria Hamzah, S.E., M.E. dan Bapak Imam Awaluddin, S.E., M.E selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberi arahan selama masa perkuliahan.
6. Ibu Zulfa Emalia, S.E., M.SC Selaku Dosen Penguji yang telah banyak memberikan masukan, saran, motivasi dan nasihat, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Ibu Asih Murwiati, S.E., M.E Selaku Dosen Penguji yang telah banyak memberikan masukan, saran, motivasi dan nasihat, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

8. Seluruh Dosen Fakultas Ekonomi dan Bisnis khususnya Dosen Jurusan Ekonomi Pembangunan yang telah memberikan ilmu dan pelajaran selama masa perkuliahan.
9. Seluruh Staf/Karyawan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung yang telah membantu selama penulis menjadi mahasiswa di Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung.
10. Terkhusus dan tersayang Bapakku Zulkifli dan alm Ibuku Juminah, terima kasih atas cinta dan kasih, dukungan, motivasi, serta do'a yang tiada henti. Alm Ibuku tercinta, terimakasih sudah menjadi sosok yang begitu hebat. Sosok yang selalu menjadi acuan semangat untuk diriku menyelesaikan skripsi ini.
11. Kakakku Yoga Pratama tercinta yang memberikan semangat, dan menjadi motivator agar menjadi yang terbaik dan membanggakan untuk keluarga.
12. Alm Etek Ita yang telah menjadi pengganti sosok ibu dalam kehidupanku. Terimakasih atas segala kebaikan, motivasi, nasihat, pendengar yang baik, serta doa'a yang telah diberikan selama ini.
13. Keluarga besarku Uwo, Pak Uwo, Mamah, Alm. Etek Ita, Uni Evi, Uni Rini, Bang Ipir, Mbak Oci, Mas Imam dan Mbak Rani. Terimakasih atas segala nasihat, kebaikan, motivasi, serta do'a dan bantuan yang telah diberikan selama ini.
14. Keponakan ku tercinta Dika, Arya, Putri, Dara, Andra, Rara, Nadya, Eriska, Zhian, Zahra, dan Zaki, yang telah memberikan warna dan semangat untuk diriku.
15. Beberapa orang yang sangat membantu dari awal perkuliahan sampai proses pengerjaan skripsi ini, Indah, Mega, Nova, serta Bery terimakasih atas segala kebaikan, kasih sayang, masukan, dan doa yang tiada henti memberikan semangat untukku.
16. Sahabat selama perkuliahan dari awal masuk perkuliahan hingga akhir hayat, Nurike, Evi, Anggun, Annisa, dan Lystia. Terimakasih telah menerima semua kekuranganku, terimakasih atas segala masukan, dan bantuan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.

17. Sahabat seperjuangan seperbimbingan Eiyantina, Nurike, dan Megeas, Terima kasih atas motivasi, nasihat, kebaikan, serta do'a yang telah diberikan selama ini.
18. Teman-teman KKN Sukajawa, Kecamatan Tanjung Karang Barat Kota Bandar Lampung, Della, Javinka, Nadya, Lutfia, Wibi, Zul, Abdul, Ican, Farid. Terima kasih telah berbagi suka dan duka serta berbagi pengalaman selama KKN.
19. Teman-teman staf dan Ketua *Economic Business Entrepreneurship Club* (EBEC) 2018 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih banyak atas ilmu dan pengalaman, kerjasama, kenangan yang sangat luar biasa selama satu periode kepengurusan.
20. Seluruh mahasiswa Jurusan Ekonomi Pembangunan Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung Angkatan 2018 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan telah menjadi teman-teman yang terbaik selama ini. Semoga pertemanan dan silaturahmi kita tetap terjaga.
21. Almamaterku tercinta, Universitas Lampung.
22. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak. Semoga segala bantuan, bimbingan, dukungan, dan doa yang diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SW. Aamiin.

Bandar Lampung, 20 Februari 2023

Penulis

Anggi Rosalia Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	12
C. Tujuan.....	12
D. Manfaat.....	13
II. KAJIAN PUSTAKA	14
A. Landasan Teori.....	14
1. <i>Green Economy</i> (Ekonomi Hijau).....	14
2. Emisi CO ₂	15
3. Pertumbuhan Ekonomi	17
4. Pertumbuhan Penduduk	22
5. Konsumsi Energi.....	24
B. Penelitian Terdahulu	32
C. Kerangka Pemikiran	35
D. Hipotesis	35
III. METODE PENELITIAN	37
A. Jenis dan Sumber Data	37
B. Definisi Oprasional Variabel	37

C. Metode Analisis Data	38
D. Prosedur Analisis Data.....	39
1. Uji Stasioneritas (<i>Unit Root Test</i>).....	39
2. Uji Kointegrasi Engle-Granger.....	40
3. <i>Error Correction Model</i> (ECM).....	41
4. Uji Asumsi Klasik.....	43
5. Uji Statistik	43
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	47
A. Hasil Pengolahan Data	47
1. Uji Stasioneritas (<i>Unit Root Test</i>)	47
2. Hasil Kointegrasi.....	49
3. Hasil Estimasi Persamaan Jangka Panjang.....	49
4. Hasil Regresi <i>Error Correction Model</i> (ECM).....	50
5. Hasil Uji Asumsi Klasik.....	51
6. Uji Hipotesis.....	54
B. Pembahasan.....	59
C. Implikasi.....	64
V. SIMPULAN DAN SARAN	65
A. Simpulan.....	65
B. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Sumber Energi	29
Tabel 2. Penelitian Terdahulu.....	32
Tabel 3. Variabel, Simbol, Satuan, dan Sumber Data	37
Tabel 4. Nilai Uji Akar Unit Dengan Metode Uji ADF Pada Tingkat Level ..	47
Tabel 5. Nilai Uji Akar Unit Dengan Metode Uji ADF Pada Tingkat <i>First Difference</i>	48
Tabel 6. Nilai Uji Kointegrasi Dengan Metode EG Pada Tingkat Level	49
Tabel 7. Hasil Estimasi Jangka Panjang	49
Tabel 8. Hasil Uji <i>Error Correction Model</i> (ECM)	50
Tabel 9. Hasil Uji Multikolinieritas.....	53
Tabel 10. Hasil Uji Autokorelasi.....	53
Tabel 11. Hasil Uji Heteroskedastisitas	54
Tabel 12. Pengaruh Variabel Bebas Terhadap Variabel Terikat Dalam Jangka Pendek.....	55
Tabel 13. Pengaruh Variabel Bebas Terhadap Variabel Terikat Dalam Jangka Panjang.....	56
Tabel 14. Hasil Uji F Jangka Pendek.....	58
Tabel 15. Hasil Uji F Jangka Panjang.....	58
Tabel 16. Hasil Perhitungan Jangka Panjang dan Jangka Pendek Pada Setiap Variabel.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Negara Penghasil Emisi CO ₂ Terbesar di Dunia	2
Gambar 2. Total Emisi CO ₂ di Indonesia Tahun 1992-2020	3
Gambar 3. Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Tahun 1992-2020	5
Gambar 4. Pertumbuhan Penduduk Indonesia Tahun 1992-2020.....	7
Gambar 5. Konsumsi Energi di Indonesia Tahun 1992-2020.....	9
Gambar 6. Environmenal Kuznet Curve (EKC).....	21
Gambar 7. Kerangka Pemikiran.....	35
Gambar 8. Hasil Grafik.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Data Regresi.....	L-1
Lampiran 2. Uji Stasioneritas (<i>Unit Root Test</i>) Metode <i>Augmented Dickey-Fuller</i> Pada Tingkat Level	L-2
Lampiran 3. Uji Stasioneritas (<i>Unit Root Test</i>) Metode <i>Augmented Dickey-Fuller</i> Pada Tingkat <i>First Difference</i>	L-3
Lampiran 4. Uji Jangka Panjang.....	L-4
Lampiran 5. Uji Kointegrasi <i>Engle-Granger</i> (Uji Kointegrasi Menggunakan Unit Root Test Terhadap Residualnya)	L-5
Lampiran 6. Hasil Estimasi Dengan Pendekatan <i>Error Correction Model</i> (ECM).....	L-6
Lampiran 7. Hasil Uji Asumsi Klasik Normalitas Metode <i>Jarque-Bera</i>	L-7
Lampiran 8. Hasil Uji Asumsi Klasik Multikolinieritas Metode Korelasi Parsial Variabel Independen	L-8
Lampiran 9. Hasil Uji Asumsi Klasik Heteroskedastisitas dengan Metode <i>Breusch-Pagan-Godfrey</i>	L-9
Lampiran 10. Hasil Uji Asumsi Klasik Autokorelasi Metode LM Test	L-10
Lampiran 11. Tabel Uji t.....	L-11

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

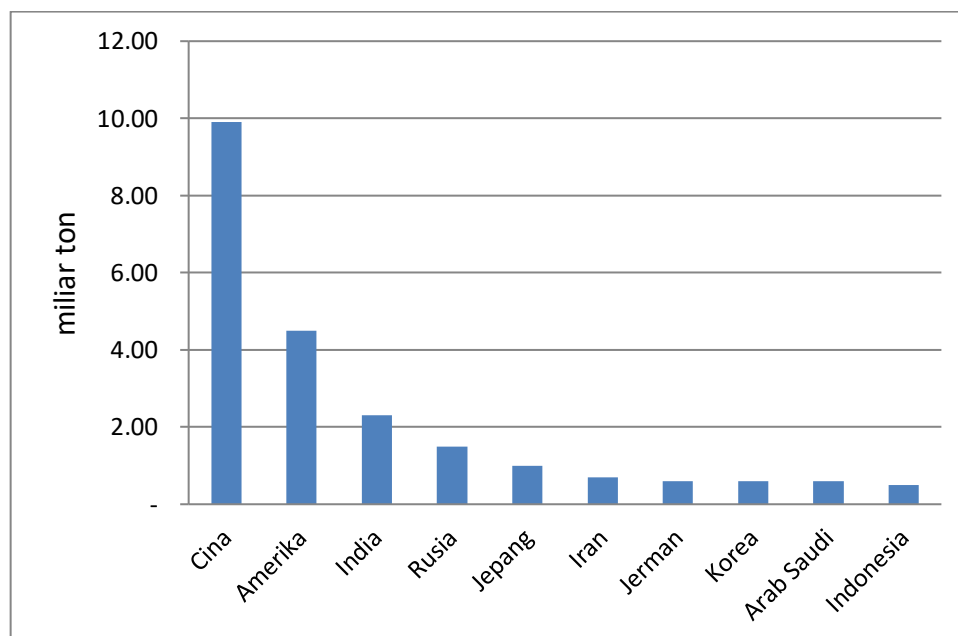
Emisi karbon dioksida (CO₂) adalah salah satu jenis emisi gas rumah kaca yang menjadi faktor utama timbulnya fenomena pemanasan global. Produksi emisi gas karbon dioksida (CO₂) erat kaitannya dengan aktivitas manusia (Labiba dan Wisnu 2018). Polusi udara menjadi masalah serius di seluruh dunia. Terjadinya perubahan iklim di Indonesia tidak terlepas dari pengaruh semua kegiatan manusia baik di bidang ekonomi, industri, dan transportasi serta dukungan dari beberapa unsur alami. Hal ini membuktikan bahwa pada berbagai kegiatan yang dilakukan akan membawa dampak pada kondisi iklim yang baik secara langsung maupun tidak langsung. Dampak tersebut tidak lain dihasilkannya beberapa macam gas yang disebut dengan istilah gas rumah kaca (BMKG 2012).

Dalam beberapa tahun terakhir, isu tentang kualitas lingkungan sering diangkat dalam konferensi tingkat tinggi seperti UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*). Menurut *Institute for Essential Services Reform* terdapat 190 negara yang turut hadir dalam konferensi tersebut. Isu-isu yang dibahas pada konferensi tersebut yaitu, kesehatan, energi dan perubahan iklim, dll. Perubahan iklim dan suhu sebagai akibat dari tingginya konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) yang berada di atmosfer bumi menyebabkan pemanasan secara global. Pemanasan global akibat dari adanya efek Gas Rumah Kaca (GRK) ini menjadi masalah utama terhadap kualitas lingkungan di dunia. Secara global, di berbagai negara di dunia emisi penyusun GRK terus tumbuh yaitu di antara tahun 1992-2020 mencapai 1,5% pertahun (Codal, Ari, and Codal 2021).

Gas Rumah Kaca (GRK) terjadi akibat efek dari berbagai komposisi emisi gas-gas seperti Karbondioksida (CO₂), Metana (CH₄), Nitrogen oksida (N₂O), Fluorocarbon (CF₄), Karbon hexafluoride (C₂F₆), dan Sulfur heksafluorida (SF₆) (MPO Ilmu Kebumihan, 2012). Dari berbagai kandungan Gas Rumah Kaca (GRK) tersebut, emisi karbon dioksida (CO₂) merupakan penyumbang gas terbesar

terhadap gas rumah kaca. Rata-rata emisi CO₂ pada tahun 2020 sebesar 412,5 parts per million (ppm), meningkat 2,6 ppm dari tahun sebelumnya. Peningkatan ini merupakan salah satu yang tertinggi selama 65 tahun terakhir (Lindsey, 2020).

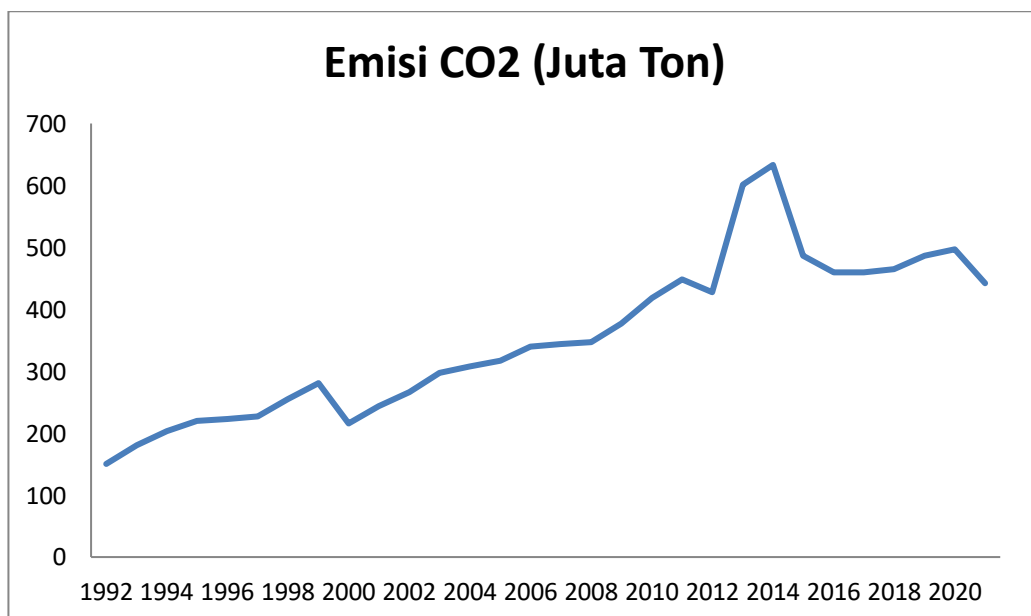
Kualitas lingkungan dapat di ukur dengan tingkat emisi karbon dioksida (CO₂), dimana CO₂ ini berpengaruh terhadap tingkat polusi. Menurut *Carbon Dioxide Information Analysis Center, World Bank* (2018) pada tahun 1960 sampai 2013 emisi karbon dioksida di dunia mengalami peningkatan secara terus menerus. Meningkatnya emisi CO₂ disebabkan oleh kegiatan manusia yang diperkirakan akan semakin meningkat, dikarenakan pertumbuhan ekonomi yang mendorong perkembangan industri dan tingkat konsumsi suatu negara. Sumbangan utama manusia terhadap jumlah CO₂ dalam atmosfer berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yaitu minyak bumi, batu bara, dan gas bumi. Dampak yang ditimbulkan dari peningkatan suhu di permukaan bumi adalah terganggunya hutan dan ekosistem lainnya, sehingga mengurangi kemampuannya untuk menyerap CO₂ di atmosfer.



Sumber: Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral

Gambar 1. Negara Penghasil Emisi CO₂ Terbesar di Dunia

Permasalahan lingkungan yang disebabkan adanya pemanasan global bersumber dari emisi karbon dioksida dapat dirasakan di Indonesia. Indonesia merupakan negara berkembang yang tidak terlepas dari masalah tersebut, beberapa tahun terakhir Indonesia menempati peringkat sepuluh besar sebagai Negara penghasil emisi CO₂. Menurut *World Resource Institute Indonesia* pada tahun 2011 lonjakan pertumbuhan emisi CO₂ menempatkan Indonesia di urutan 9 sebagai negara penghasil emisi terbesar di dunia. Kemudian pada tahun 2014 Indonesia menempati urutan ke 6 negara penghasil emisi CO₂ di dunia, pada tahun 2015 Indonesia menempati peringkat ke 8 sebagai negara dengan polusi paling mematikan di dunia, karena penghancuran hutan hujan dan lahan gambut yang kaya akan karbon untuk perkebunan kelapa sawit dan kertas. Kondisi ini diperparah dengan berkurangnya hutan di Indonesia akibat dari penebangan liar dan perubahan lahan hutan untuk perkebunan yang mengakibatkan pohon-pohon didalamnya yang berfungsi menyerap gas karbondioksida menjadi berkurang. Dan pada tahun 2020 Indonesia menempati posisi ke 8 sebagai negara penghasil emisi CO₂. Total emisi CO₂ di Indonesia cenderung mengalami kenaikan mulai tahun 1992 sampai 2020.



Sumber: Global Carbon Project

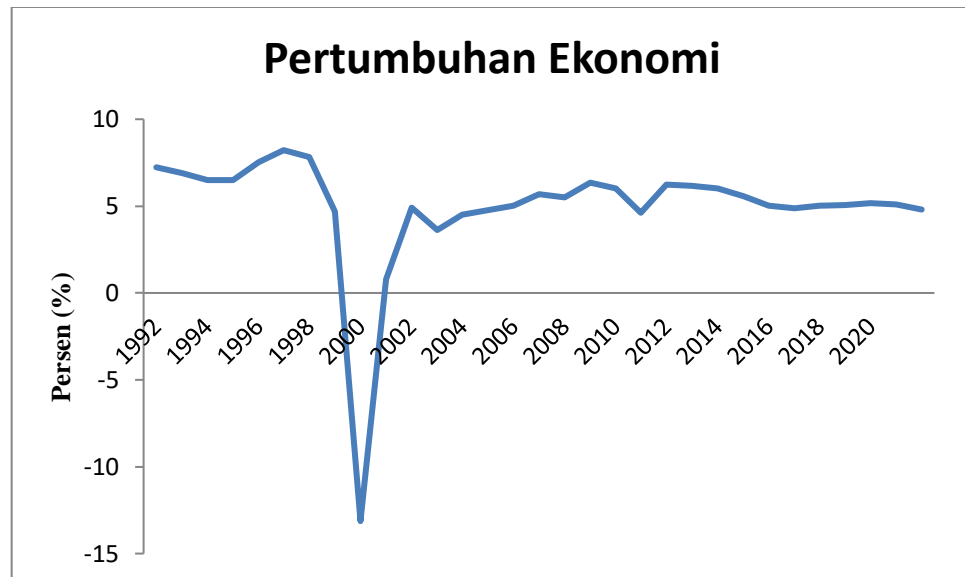
Gambar 2. Total Emisi CO₂ di Indonesia Tahun 1992-2020

Berdasarkan grafik pada gambar 1.1 diatas dapat dilihat bahwa emisi CO₂ mengalami pertumbuhan yang cenderung naik. Hal ini menunjukkan bahwa degradasi lingkungan di Indonesia sebagai pendukung kegiatan ekonomi dapat digolongkan ke dalam tiga kategori yaitu sebagai penyedia bahan baku, penerima sisa produksi, dan penyedia fasilitas. Implikasi dari peran tersebut menunjukkan bahwa lingkungan merupakan komponen penting dari system ekonomi. Artinya, tanpa adanya lingkungan maka system ekonomi tidak akan berfungsi. Pada tahun 2020 emisi CO₂ mengalami penurunan dari tahun 2018. Penurunan emisi ini sebagai akibat dari pandemi Covid-19 yang mengurangi mobilitas masyarakat, serta kegiatan sektor industri dan komersial. Dari total emisi tersebut, kontribusi terbesar berasal dari sektor pembangkit listrik sekitar 48 %, transportasi 23 %, dan industri 17%. Sebagian besar angka penurunan ini disebabkan oleh pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT), seperti biodiesel dan efisiensi energi.

Pertumbuhan ekonomi merupakan salah satu indikator dalam proses pembangunan suatu negara atau untuk melihat seberapa besar keberhasilan suatu negara dalam bidang perekonomian. Pertumbuhan ekonomi melihat bagaimana aktivitas perekonomian berpengaruh terhadap peningkatan pendapatan pada masyarakat di suatu negara pada periode tertentu. Selain itu, pertumbuhan ekonomi juga menggambarkan bagaimana perekonomian dengan barang dan jasa yang besar bias secara lebih baik memenuhi permintaan rumah tangga, perusahaan, dan pemerintah (Indraswari 2016).

Pertumbuhan ekonomi erat kaitannya dengan pengeksploitasian sumber daya alam dan lingkungan. Dilakukannya eksploitasi secara terus menerus terhadap lingkungan dan alam tanpa memperhatikan kondisi lingkungan yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Dalam usaha menjaga pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi dibutuhkan untuk merubah material bahan dasar menjadi barang dan jasa yang bermanfaat (Budiarto, 2013). Pertumbuhan ekonomi merupakan salah satu ukuran dari kinerja perekonomian suatu negara. Sejak tahun 1990, perekonomian Indonesia mengalami pertumbuhan dan hanya satu kali mengalami kontraksi pada tahun 1998 saat terjadinya krisis ekonomi

global. Terjadinya krisis membuat perekonomian Indonesia mengalami kontraksi sangat dalam mencapai -13,13 persen. Pertumbuhan ekonomi tertinggi tercatat pada tahun 2017, yaitu sebesar 6,35 persen. Pada tahun 2017 pertumbuhan ekonomi Indonesia dibawah target APBN.



Sumber: BPS Indonesia Tahun 1992-2020

Gambar 3. Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Tahun 1992-2020

Berdasarkan grafik pada gambar 1.2 diatas dapat dilihat bahwa pertumbuhan perekonomian Indonesia mengalami peningkatan meskipun peningkatannya masih fluktuatif. Pertumbuhan ekonomi pada tahun 1998 merupakan kondisi terendah dengan penurunan sebesar -13,13%. Penyebab dari adanya penurunan ini karena terdapat *shock* ekonomi berupa krisis ekonomi. Keadaan ini mengakibatkan menurunnya nilai tukar rupiah terhadap dollar Amerika, melemahnya nilai rupiah ini menimbulkan penurunan tingkat pendapatan riil dan nilai kekayaan masyarakat Indonesia.

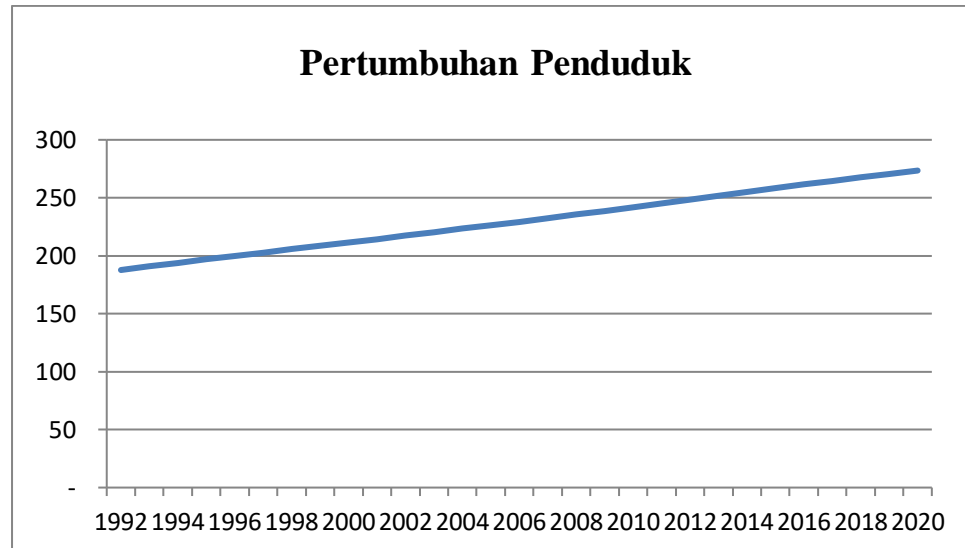
Pertumbuhan ekonomi Indonesia tahun 2019 turun dari 5,02 persen dari capaian 2018 sebesar 5,17 persen. Penyebab penurunan ini adalah pertumbuhan sektor industri pengolahan yang melemah, perdagangan, pertanian dan konstruksi yang mengalami penurunan. Pada tahun 2020 pertumbuhan ekonomi Indonesia

mengalami penurunan kembali yaitu sebesar 4,8 persen. Hal ini disebabkan sejumlah tantangan dari internal maupun eksternal, dari internal permasalahan defisit neraca transaksi berjalan, penurunan laju ekspor dan investasi. Sedangkan dari eksternal yaitu penurunan pertumbuhan ekonomi menuju resesi global dan juga perang dagang antara Amerika Serikat (AS) dan Tiongkok yang masih berkelanjutan.

Perkembangan PDB ini mengindikasikan adanya peningkatan terhadap aktivitas ekonomi masyarakat Indonesia. Peningkatan aktivitas ekonomi ini menurut Kuznet berdampak pada kualitas lingkungan dan kelestarian alam. Menurut Peter dan Mutabarat menyatakan bahwa ketika suatu negara mengalami pertumbuhan ekonomi yang semakin meningkat maka kualitas lingkungan pun menurun yang ditandai dengan adanya peningkatan emisi CO₂ dengan cepat (Managi and Kaneko 2015).

Hingga saat ini komponen pendorong pertumbuhan ekonomi Indonesia ditopang dengan penggunaan energi yang belum ramah lingkungan. Ketergantungan berlebihan pada bahan bakar fosil menimbulkan kurangnya aspek berkelanjutan dari sistem pemanfaatan energi yang diterapkan di Indonesia. Pertumbuhan ekonomi mengindikasikan adanya perbaikan kehidupan masyarakat. Pertumbuhan ekonomi ini tidak terlepas dari kegiatan ekonomi masyarakat akibat dari peningkatan jumlah penduduk.

Penduduk memiliki peran ganda terhadap lingkungan. Di satu sisi, penduduk berperan sebagai faktor pendorong atau penyebab terjadinya degradasi lingkungan seiring dengan adanya ledakan jumlah penduduk. Di sisi lain, penduduk juga berperan sebagai penerima atau terdampak dari degradasi itu sendiri. Holdern (2018) menyatakan bahwa menurut model *Impact Population Affuence Technology* (IPAC), penduduk menjadi variabel yang memiliki pengaruh terhadap emisi CO₂.



Sumber : BPS Indonesia (2020)

Gambar 4. Pertumbuhan Penduduk Indonesia Tahun 1992-2020

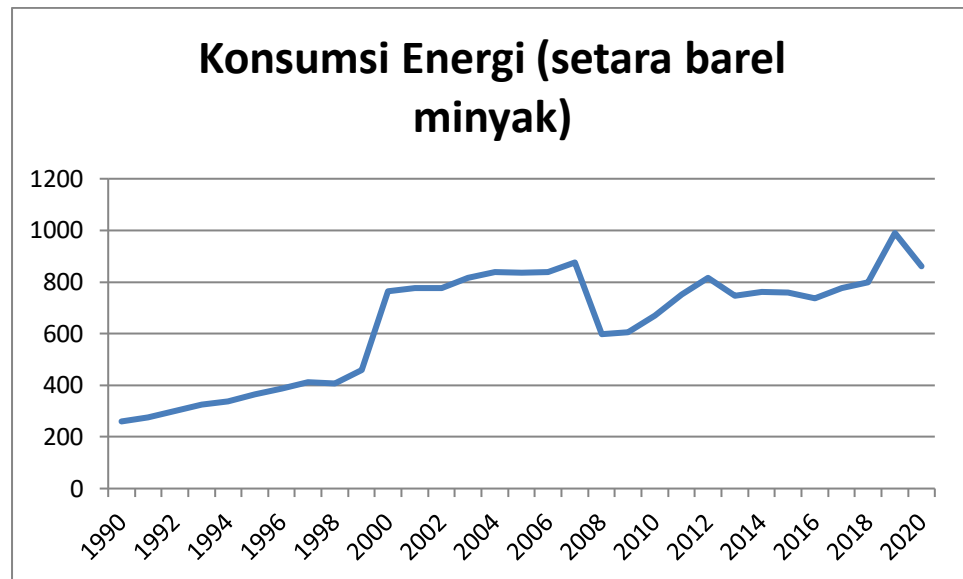
Berdasarkan grafik pada gambar 1.3 diatas dapat dilihat bahwa pertumbuhan penduduk di Indonesia dari tahun 1992-2020 selalu bernilai positif dengan rata-rata 1,25%. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah penduduk di Indonesia selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pertumbuhan penduduk yang pesat menimbulkan tantangan yang diatasi dengan pembangunan dan industrialisasi. Namun industrialisasi di samping untuk mempercepat persediaan segala kebutuhan hidup manusia juga memberikan dampak negatif bagi manusia akibat dari terjadinya pencemaran lingkungan (Zulfa dkk 2016).

Ekonomi dan energi merupakan dua hal yang berkaitan. Energi bersifat kompleks dan dinamis dalam perekonomian, baik untuk kebutuhan konsumsi sektor rumah tangga maupun untuk konsumsi sektor industri dalam aktivitas produksinya. Selain itu pemakaian atau konsumsi energi merupakan sarana untuk menggerakkan industrialisasi perekonomian serta menjadi sarana akumulasi modal pembangunan baik bersifat komplementer ataupun substitusi untuk menghasilkan output-output dalam perekonomian. Secara sektoral pemakaian sumberdaya energi dibagi menjadi beberapa sektor yaitu sektor transportasi, industri, pertanian, layanan komersial, sektor rumah tangga dan sektor lainnya (Tang 2017).

Kebijakan dalam mengatur penggunaan energi di Indonesia telah diatur sejak tahun 1976 dengan dibentuknya Badan Koordinasi Energi Indonesia (BAKOREN). Energi menjadi suatu kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia saat ini. Indonesia memiliki berbagai macam sumber energi yang melimpah didalamnya, baik energi yang sifatnya dapat diperbarui seperti energi, air, matahari, angin, panas bumi, energi laut, dan biomassa, maupun energi yang tidak dapat diperbarui seperti minyak bumi, gas alam, batu bara, dan kandungan energi nuklir pada uranium dan thorium.

Energi yang dapat diperbarui (*renewable energy*) memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh energi yang tidak dapat diperbarui (*non renewable energy*), energi tersebut tidak akan pernah habis selama siklus alam masih berlangsung, ramah lingkungan, dan dapat meminimalisir polusi lingkungan. Sedangkan energi yang tidak dapat diperbarui (*non renewable energy*) yaitu energi yang akan habis jika dipakai terus menerus dan dapat menghasilkan polusi. Namun memiliki kelebihan dapat menghasilkan energi yang lebih besar dari pada *renewable energy* dengan konsentrasi yang lebih sedikit.

Indonesia saat ini masih bergantung pada konsumsi energi fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Ketergantungan dunia terutama Indonesia terhadap bahan bakar fosil menimbulkan dampak serius terhadap lingkungan termasuk pencemaran udara, pemanasan global, dan emisi gas rumah kaca. Pemerintah berupaya untuk mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan sebagaimana tertulis pada Peraturan Pemerintah Nomor 79 tahun 2014 Pasal 11 ayat 2 menjelaskan tentang prioritas pengembangan energi nasional yaitu: (1) Memaksimalkan penggunaan energi terbarukan dengan memperhatikan tingkat perekonomian; (2) Meminimalkan penggunaan minyak bumi; (3) Memanfaatkan gas bumi dan energi baru; (4) Menggunakan batu bara sebagai andalan pasokan energi nasional.



Sumber: Global and National Perspective & BP Statistical Review of World Energy

Gambar 5. Konsumsi Energi di Indonesia Tahun 1992-2020

Berdasarkan grafik pada gambar 1.4 diatas dapat dilihat bahwa konsumsi energi mengalami peningkatan pada tiap tahunnya yang berdampak pada menurunnya kualitas lingkungan. Proses eksploitasi dan pemanfaatan energi menimbulkan eksternalitas terhadap kualitas lingkungan, salah satunya adalah meningkatnya kadar emisi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer. Struktur ekonomi yang berbasis industri yang menggunakan mesin dan lebih banyak membutuhkan bahan bakar sebagai energi menghasilkan polusi udara yang lebih tinggi (Harahap, 2020).

Di dunia energi, volume penggunaan energi biasanya dijelaskan oleh 2 istilah, yaitu penyediaan energi primer dan konsumsi energi final. Dari aspek konsumsi menunjukkan bahwa konsumsi energi final Indonesia terus mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya kegiatann ekonomi di semua sektor baik industri, transportasi, rumah tangga dan komersial. Dengan kenaikan rata-rata pertahun 6,80 persen (Outlook Energi Indonesia, 2021).

Pembangunan rendah karbon merupakan pembangunan yang tidak hanya berfokus pada pertumbuhan ekonomi saja, tetapi juga memperhatikan kelestarian lingkungan, efisiensi sumber daya, dan keadilan sosial (LCDI, 2019). Ekonomi

rendah karbon (*low carbon economy*) atau ekonomi hijau sering disebut sebagai solusi untuk menghadapi krisis iklim. Ekonomi rendah karbon pertama kali disebut dalam publikasi *paper* oleh *The British Department for Trade and Industry*, dengan judul “*Our energy future – creating a low carbon economy*” pada tahun 2003. Istilah ini mengacu pada ekonomi hijau berdasarkan konsumsi energi yang rendah dan polusi yang rendah pula. Untuk mewujudkan ekonomi rendah karbon. Dibutuhkan perubahan pada cara produksi dan pola konsumsi serta pengembangan produk dan teknologi rekayasa yang menghasilkan emisi karbon serendah mungkin selama seluruh prosesnya, mulai dari produksi, penggunaan, hingga limbah atau polusi yang dihasilkan.

Pembangunan rendah karbon bukan mengutamakan pertumbuhan ekonomi saja, tetapi pertumbuhan ekonomi dan lingkungan harus mampu berjalan beriringan. Pembangunan di Indonesia cenderung kurang memperhatikan aspek lingkungan. Exploitasi sumber daya yang berlebihan, sistem energi dan transportasi yang tidak efisien menimbulkan tingginya emisi karbon di Indonesia. Transformasi ekonomi Indonesia menjadi ekonomi hijau merupakan salah satu strategi agar Indonesia dapat keluar dari “*middle income trap*”. Ekonomi hijau dan pembangunan rendah karbon akan mendorong pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan sosial dengan tetap menjaga kualitas lingkungan.

Salah satu negara yang telah memulai berpindah ke dalam sistem ekonomi rendah karbon adalah Australia. Di negara ini, beberapa pemukiman telah menerapkan panel surya sebagai pembangkit listrik yang diletakkan di atap rumah. Diharapkan, pembangkit listrik tenaga surya ini dapat dijadikan sebagai pemenuhan kebutuhan listrik terpusat dengan memanfaatkan teknologi penyimpanan yang lebih baik dan distribusi yang lebih efisien ke setiap rumah.

Dalam upaya melakukan pembangunan rendah karbon, Indonesia menerapkan strategi *Net Zero Emission*. *Net Zero Emission* berarti memotong emisi gas rumah kaca sedekat mungkin dengan nol yang mana emisi yang tersisa di atmosfer masih dapat diserap kembali oleh alam (Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian

Republik Indonesia, 2022). Dalam mencapai target nol emisi, pemerintah menerapkan lima prinsip utama, yaitu peningkatan pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT), pengurangan energi fosil, kendaraan listrik di sektor transportasi, peningkatan pemanfaatan listrik pada rumah tangga dan industri, dan pemanfaatan *Carbon Capture and Storage* (ESDM, 2021).

Tantangan Indonesia dalam mewujudkan *Net Zero Emission* melalui pembangunan rendah karbon adalah sangat besarnya investasi yang dibutuhkan. Karena untuk melakukan transisi energi, dibutuhkan kesadaran untuk beralih menggunakan produk yang efisien dan ramah lingkungan. Tantangan lain yaitu ketergantungan dengan energi fosil, rendahnya kepedulian masyarakat terkait kelestarian lingkungan. Adapun peluang yang diperoleh Indonesia yaitu penciptaan lapangan kerja hijau, dekarbonisasi sektor transportasi, dan pengaturan perdagangan karbon. Realisasi penurunan emisi karbon Indonesia selama 3 tahun terakhir 2019 hingga 2021, selalu mencapai target.

Upaya Pemerintah Indonesia untuk membangun fondasi penerapan ekonomi hijau didukung oleh beberapa kebijakan strategi. Komitmen ini didukung oleh alokasi anggaran melalui skema APBN dan Non-APBN dalam pembiayaan program ekonomi hijau. Komitmen Indonesia untuk mengurangi emisi karbon tertuang dalam UU No. 17 Tahun 2021 dan Peraturan Presiden No. 98 Tahun 2021 yang menetapkan target penurunan emisi gas rumah kaca di Indonesia.

Adanya bentuk eksternalitas negatif terhadap lingkungan memiliki banyak variasi salah satunya yaitu meningkatnya emisi karbon dioksida (CO₂) di atmosfer bumi. Adanya kontraksi antara peningkatan pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi terhadap kualitas lingkungan ini menjadi latar belakang untuk diteliti sehingga dibuatlah judul “Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi Terhadap Emisi Karbondioksida (CO₂) di Indonesia”.

B. Rumusan Masalah

Penurunan kualitas lingkungan telah menjadi isu serius di Indonesia, sehingga memahami bagaimana kegiatan ekonomi dan isu lingkungan memiliki keterkaitan yang menjadi perhatian bagi pemerintah dalam membuat suatu kebijakan. Berdasarkan permasalahan tersebut, pertanyaan yang ingin dijawab dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pertumbuhan ekonomi berpengaruh terhadap emisi CO₂ di Indonesia pada tahun 1992-2020?
2. Bagaimanakah pertumbuhan penduduk berpengaruh terhadap emisi CO₂ di Indonesia pada tahun 1992-2020?
3. Bagaimanakah konsumsi energi berpengaruh terhadap emisi CO₂ di Indonesia pada tahun 1992-2020?
4. Bagaimanakah pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan konsumsi energi berpengaruh secara bersama-sama terhadap Emisi CO₂ di Indonesia pada tahun 1992-2020?

C. Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang diuraikan dalam penelitian ini maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis seberapa besar pengaruh pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO₂ di Indonesia.
2. Untuk menganalisis seberapa besar pengaruh pertumbuhan penduduk terhadap emisi CO₂ di Indonesia.
3. Untuk menganalisis seberapa besar pengaruh konsumsi energi terhadap emisi CO₂ di Indonesia.
4. Untuk menganalisis seberapa besar pengaruh pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan konsumsi energi secara bersama-sama terhadap emisi CO₂ di Indonesia.

D. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah sumber informasi sebagai bahan rujukan dan pedoman bagi penelitian selanjutnya yang serupa.
2. Dapat memberikan informasi bagi program atau kebijakan pemerintan yang berkaiian dengan emisi CO₂. Sehingga dapat digunakan sebagai arah penentu pengambilan keputusan yang lebih baik.
3. Bagi perusahaan, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk mengoptimalkan energi atau produk alternatif yang lebih ramah lingkungan dan rendah emusi CO₂.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. *Green Economy* (Ekonomi Hijau)

a. *United Nations Environment Programme (UNEP)*

United Nations Environment Programme (UNEP) menjelaskan bahwa *green economy* atau ekonomi hijau adalah perekonomian yang rendah karbon (*low carbon economy*) atau tidak menghasilkan emisi dan polusi lingkungan, efisiensi sumber daya alam (*resource efficient*), dan berkeadilan social yang berkaitan dengan *income per capita* dan kemiskinan (UNEP, 2015). *Green Economy* bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dan pertumbuhan ekonomi yang beriringan dengan pembangunan manusia dan lingkungan hidup.

Pengertian *green economy* lebih luas cakupannya dibandingkan *Low-Carbon Economy* (LCE) yaitu aktivitas ekonomi yang memberikan output minimal terhadap *Green House Gas* (GHS) yang dilepaskan. *Green economy* adalah model ekonomi baru yang berkembang dengan sangat pesat, yang bertolak belakang dari model sekarang yang menggunakan *fossil fuels*. *Green economy* didasarkan pada pengetahuan ekologi ekonomi yang membahas tentang ketergantungan manusia secara ekonomi terhadap ekosistem alam dan akibat dari efek aktivitas ekonomi manusia terhadap *climate change* dan *global warming*.

UNEP menyatakan bahwa penerapan *green economy* dapat terlihat melalui: (1) peningkatan investasi *public* dan *private* di sektor *green*, (2) peningkatan dalam kuantitas dan kualitas lapangan kerja di sektor *green*, (3) peningkatan GDP dari sektor *green*, (4) penurunan penggunaan

energi/ sumber daya per unit industri, (5) penurunan level CO₂ dan polusi/GDP, dan (6) penurunan konsumsi yang banyak menghasilkan limbah.

b. *Green Economy Coalition*

Green Economy Coalition menegaskan bahwa *green economy* merupakan aktivitas ekonomi yang menghasilkan kesejahteraan untuk semua pihak, dalam keterbatasan sumberdaya yang ada di bumi. Dalam pengertian tersebut terdapat beberapa poin penting, yaitu:

- *Green economy* melibatkan penilaian terhadap sumberdaya alam, baik dalam laporan statistic maupun laporan keuangan, serta memastikan bahwa pengambil kebijakan mengindahkan upaya untuk memelihara bumi.
- *Green economy* menjadi upaya penanganan ketimpangan social, sehingga perekonomian menjadi semakin berkeadilan.
- *Green economy* mencakup produk dan akivias ekonomi yang terjamin keberlangsunganna unuk jangka panjang
- *Green economy* memerlukan adanya reformasi sektor keuangan, sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan jangka panjang.

2. Emisi CO₂

Karbondioksida (CO₂) merupakan salah satu emisi yang dihasilkan oleh sumber energi organik seperti batu bara dan minyak bumi. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2007), karbon dioksida berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dalam sektor energi, industri dan transportasi, kebakaran hutan, dan pertanian. Karbondioksida juga dihasilkan oleh semua makhluk hidup pada proses respirasi dan digunakan oleh tumbuhan pada proses fotosintesis.

BAPPENAS (2015) menjelaskan bahwa emisi yaitu proses terbebasnya gas rumah kaca ke atmosfer melalui dekomposisi bahan organic oleh mikroba yang menghasilkan gas CO₂ atau CH₄. Proses terbakarnya bahan

organik menghasilkan CO₂, sedangkan karbon dioksida adalah gas dengan rumus CO₂ yang tidak berbau dan tidak berwarna. Terbentuk dari berbagai proses seperti pembakaran bahan bakar minyak dan gas bumi, pembakaran bahan organik (seperti pembakaran hutan), dekomposisi bahan organik serta letusan gunung berapi.

(Sasana and Aminata 2019) menjelaskan bahwa karbon dioksida (CO₂) merupakan senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat dengan atom karbon. CO₂ berbentuk gas pada suhu dan tekanan standar dan hadir di atmosfer bumi. Selain itu, CO₂ merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau yang dapat diproduksi oleh semua hewan, tanaman, jamur, dan mikroorganisme. CO₂ juga dapat dihasilkan dari efek samping pembakaran energi fosil.

Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) (2013) menjelaskan bahwa berbagai aktivitas manusia menjadi sumber emisi CO₂. Beberapa diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Pembakaran bahan bakar fosil

Sumber terbesar emisi CO₂ secara global adalah pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak dan gas di pembangkit listrik, mobil, fasilitas industri, dan sumber lainnya. Bahan bakar fosil dibakar untuk menghasilkan energi dari karbon yang terdapat di dalamnya. Hampir seluruh atau sebagian CO₂ diemisikan dalam proses ini. Bahan bakar fosil dibakar untuk pembangkit listrik, industri, transportasi, serta untuk energi di rumah dan bangunan komersial.

b. Proses menghasilkan energi listrik

Semua teknologi pembangkit listrik menghasilkan emisi CO₂ dan gas rumah kaca lainnya. Emisi dapat berasal secara langsung yang timbul selama proses pengoperasian pembangkit listrik dan tidak langsung yang timbul selama proses non-operasional. Teknologi pembangkit listrik yang berbahan bakar fosil (batu bara, minyak, dan gas alam)

memiliki jejak karbon yang besar karena membakar bahan bakar fosil selama proses operasi.

c. Industri

Sektor industri seperti dalam kegiatan manufaktur, konstruksi, dan pertambangan. Dalam manufaktur terdapat enam industri yang mewakili mayoritas penggunaan energi. Industri tersebut adalah penyulingan minyak bumi, produksi kimia, produksi logam primer, kertas, makanan, dan produksi mineral. Sejumlah proses produksi industri khusus dan penggunaan produk berbasis minyak bumi juga dapat menyebabkan emisi CO₂.

d. Hunian dan komersial

Sektor perumahan dan komersial sangat bergantung pada listrik untuk memenuhi kebutuhan energi, terutama untuk penerangan, pemanasan, udara dan peralatan. Sumber utama emisi CO₂ langsung adalah pembakaran gas alam dan minyak untuk pemanasan dan pendinginan bangunan.

e. Transportasi

Hampir semua energi yang dikonsumsi di sektor transportasi berbasis minyak bumi. Termasuk bensin, diesel dan bahan bakar. Emisi dari transportasi tergantung pada jumlah perjalanan atau mil perjalanan dari masing-masing jenis kendaraan setiap tahun, yang pada gilirannya dipengaruhi oleh tren ekonomi yang lebih besar dan perilaku konsumen. Selama jangka panjang, perubahan dalam efisiensi bahan bakar kendaraan, dan dalam jenis bahan bakar yang digunakan juga dapat dipengaruhi tingkat estimasi.

3. Pertumbuhan Ekonomi

Sukirno (2011) menjelaskan bahwa pertumbuhan ekonomi merupakan perkembangan fiskal produksi barang dan jasa yang berlaku di suatu negara, seperti pertambahan dan jumlah produksi barang industri, pertambahan jumlah sekolah, perkembangan infrastruktur, pertambahan produksi sektor jasa, dan pertambahan produksi barang modal. Untuk

memberikan suatu gambaran besar mengenai pertumbuhan ekonomi yang dicapai oleh suatu negara, ukuran yang selalu digunakan yaitu tingkat pertumbuhan pendapatan nasional riil yang dicapai.

Kuznets dalam Jhingan (2012) menjelaskan bahwa pertumbuhan ekonomi adalah kenaikan jangka panjang dalam kemampuan suatu negara untuk menyediakan semakin banyak jenis barang ekonomi kepada penduduknya. Kemampuan ini tumbuh sejalan dengan kemajuan teknologi, penyesuaian kelembagaan, dan ideologis yang diperlukan. Definisi ini memiliki 3 komponen:

1. Pertumbuhan ekonomi suatu bangsa terlihat dari meningkatnya secara terus menerus persediaan barang.
2. Teknologi maju merupakan faktor dalam pertumbuhan ekonomi yang menentukan derajat pertumbuhan kemampuan dalam penyediaan aneka barang kepada penduduk.
3. Penggunaan teknologi secara efisien dan luas memerlukan adanya penyesuaian di bidang kelembagaan dan ideologi sehingga inovasi yang dihasilkan oleh ilmu pengetahuan umat manusia dapat dimanfaatkan dengan tepat.

Sukirno (2011) menjelaskan bahwa ada empat faktor produksi yang berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi, antara lain sebagai berikut:

1. Sumber Daya Alam, faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi yaitu sumber daya alam atau tanah. Tanah digunakan dalam pertumbuhan ilmu ekonomi mencakup sumber daya alam seperti kesuburan tanah, letak dan susunannya, mineral, iklim, kekayaan hutan, sumber lautan, sumber air, dan sebagainya. Tersedianya sumber daya alam secara melimpah merupakan hal yang penting bagi pertumbuhan ekonomi.
2. Akumulasi Modal. Modal adalah persediaan faktor produksi yang secara fisik dapat di produksi. Apabila stok modal naik dalam batas

waktu tertentu hal ini disebut sebagai akumulasi modal. Yang berarti pembentukan modal merupakan investasi dalam bentuk barang modal yang dapat menaikkan stok modal, pendapatan nasional, dan output nasional. Jadi, pembentukan modal merupakan kunci utama untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Pembentukan modal diperlukan untuk memenuhi permintaan penduduk di daerah tersebut. Investasi dibidang barang modal tidak hanya meningkatkan produksi tetapi membuka kesempatan kerja.

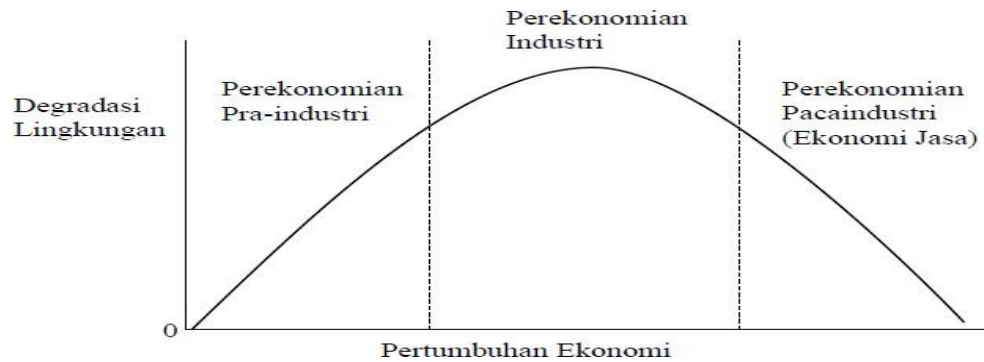
3. Kemajuan Teknologi, perubahan teknologi merupakan faktor penting dalam proses pertumbuhan ekonomi. Perubahan ini berkaitan dengan perubahan dalam metode produksi yang merupakan hasil dari pembaharuan atau hasil teknik penelitian baru. Perubahan dalam teknologi telah meningkatkan produktifitas tenaga kerja, sektor produksi dan modal. Pembagian kerja dan skala produksi pembagian kerja menimbulkan peningkatan produktifitas. Keduanya membawa perekonomian ke arah ekonomi berskala besar lalu selanjutnya membantu perkembangan industri. Perbaikan kerja menghasilkan perbaikan kemampuan produksi buruh. Setiap buruh menjadi lebih efisien dari sebelumnya.

Pertumbuhan ekonomi yang dinyatakan dengan adanya peningkatan output dan pendapatan riil perkapita memang bukanlah satu-satunya sasaran kebijakan terutama pada negara berkembang. Namun kebijakan ekonomi menaikkan tingkat pertumbuhan output memang harus dilakukan. Hal ini terjadi karena pertumbuhan ekonomi dipandang sebagai suatu syarat yang sangat diperlukan untuk memperbaiki kesejahteraan masyarakat dan mencapai tujuan pembangunan lainnya.

Pertumbuhan ekonomi memberikan dampak positif dan juga negative seperti yang dikemukakan oleh Cochrane (2016) sebagai berikut:

1. Politik. Pertumbuhan ekonomi menjadikan para pengambil keputusan untuk melakukan beberapa hal dalam pencapaian target. Para politikus menginginkan program baru, hukum baru, dan inisiatif yang kuat. Oleh karena itu politikus akan bekerja berdasarkan kompetensi dan berorientasi pada pencapaian target.
2. Kesehatan. Pertumbuhan ekonomi memperhatikan asuransi kesehatan dalam meningkatkan taraf hidup masyarakat. Pembayaran asuransi Kesehatan akan Kembali kepada pemiliknya dalam tingkat produktivitas.
3. Energi dan Lingkungan. Adanya polusi yang disebabkan oleh peningkatan produksi membuat pertumbuhan ekonomi memaksa pemerintah untuk melihat skala energi dan membuat regulasi lingkungan.
4. Pendidikan. Pemerintah akan menggunakan pengeluarannya untuk sekolah publik agar masyarakat dapat mengenal pendidikan karna pendidikan merupakan pondasi dari produktivitas yang tinggi.

Pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂ dijelaskan dalam hipotesis *Environmental Kuznet Curve* (EKC). Hipotesis EKC menjelaskan bahwa pertumbuhan ekonomi awalnya akan meningkatkan degradasi lingkungan. Hal ini terjadi karna negara hanya berfokus pada peningkatan produksi tanpa memperhatikan aspek lingkungan. Proses produksi yang dilakukan secara terus menerus kemudian akan mengakibatkan degradasi lingkungan berupa pencemaran baik terhadap tanah, air, dan udara. Pertumbuhan ekonomi pada titik tertentu akan menyadarkan masyarakat akan kebutuhan dan kualitas yang baik menjadi sangat penting. Titik inilah yang disebut sebagai titik balik dimana pertumbuhan ekonomi akan menurunkan degradasi lingkungan (Shaharir and Alinor 2013).



Sumber: *Shaharir & Alinor (2013)*

Gambar 6. Environmental Kuznet Curve (EKC)

Environmental Kuznet Curve (EKC) dibagi menjadi tiga tahapan. Pertama, awal proses pembangunan ekonomi akan diikuti dengan kerusakan lingkungan yang disebut dengan perekonomian pra-industri, kedua tahap perekonomian industri, dan ketiga tahap perekonomian pasca industri. Awalnya industrialisasi berawal dari industri kecil dan kemudian berkembang menjadi industri besar. Pergerakan ini akan meningkatkan sumber daya alam dan peningkatan degradasi lingkungan. Setelah itu industrialisasi akan memperluas perannya dalam pembentukan produk nasional domestic. Hal ini terjadi pada tahap kedua, bersamaan dengan hal tersebut adanya investasi yang mendorong terjadinya transformasi ekonomi dari sektor pertanian ke sektor industri. Pada tahap ketiga, terjadi pergerakan transformasi ekonomi dari sektor industri ke sektor jasa. Pergerakan ini diikuti dengan penurunan polusi udara yang sejalan dengan peningkatan pendapatan. Bersamaan dengan hal itu, permintaan terhadap kualitas lingkungan sejalan dengan peningkatan pendapatan (Febriana, Selly., Diartho, H. C., Istiyani 2019).

Pada tingkat pendapatan yang rendah, negara akan beralih dari pertanian ke industri dan intensitas polusi naik sebagai limbah dari bertumbuhnya produksi dan konsumsi masal. Hal ini terjadi karena penggunaan sumber

daya alam yang lebih besar, emisi polusi yang lebih banyak, dan tuntutan kenaikan output. Sedangkan pada tingkat pendapatan yang tinggi, kemajuan pembangunan ekonomi didominasi pada pascaindustri atau perekonomian jasa. Pada tahap ini kesadaran masyarakat terhadap lingkungan meningkat, pengeluaran terhadap lingkungan lebih tinggi, teknologi yang efisien, dan kenaikan permintaan barang dan jasa ramah lingkungan (Mrabet, Achairi, & Ellouze, 2014).

EKC menjelaskan bahwa degradasi lingkungan akan meningkat dengan bertambahnya pendapatan perkapita, namun setelah mencapai titik tertentu degradasi lingkungan akan menurun meskipun pendapatan naik. Seiring dengan pendapatan nasional yang meningkat, akan meningkatkan kesadaran lingkungan dan juga permintaan untuk peraturan yang lebih ketat di bidang lingkungan. Hal ini akan mengarah pada penggantian teknologi lama yang kotor menjadi teknologi yang bersih sehingga meningkatkan kualitas lingkungan. Dampak negatif terhadap lingkungan cenderung terjadi dalam tahap awal pertumbuhan pada suatu negara, namun akhirnya sebanding dengan dampak positif yang cenderung menurunkan tingkat emisi.

4. Pertumbuhan Penduduk

Meningkatnya populasi penduduk di suatu daerah dapat mengakibatkan degradasi lingkungan atau pengikisan sumber daya alam yang jumlahnya sangat terbatas (Todaro, 2000). Semakin tingginya pertumbuhan penduduk di suatu daerah akan diikuti dengan semakin meningkatnya kebutuhan yang harus dipenuhi. Dengan begitu akan proses produksi barang dan jasa akan meningkat pula. Dampak semakin besarnya skala produksi maka akan semakin besar juga limbah produksi yang akan mencemari lingkungan. Oleh karena itu semakin tumbuhnya penduduk di suatu daerah maka akan mengakibatkan degradasi lingkungan.

Todaro mengemukakan teori migrasi bahwa migrasi akan berkembang akibat dari perbedaan pendapatan yang diharapkan dan yang terjadi di perdesaan dan di perkotaan. Meningkatnya pertumbuhan penduduk di desa ataupun kota akan terjadi pada daerah yang memiliki kondisi perekonomian cenderung lebih baik dari pada di desa, hal ini yang membuat penduduk desa berniat untuk melakukan migrasi ke kota dengan harapan mendapatkan kehidupan yang layak di kota jika dibandingkan di desa.

Sedangkan menurut aliran Malthusian, menjelaskan bahwa pertumbuhan penduduk mengikuti deret ukur sedangkan ketersediaan pangan mengikuti deret hitung, dalam kasus ini terdapat permasalahan, yaitu meningkatnya jumlah penduduk yang tidak diimbangi dengan ketersediaan pangan pun berkurang, Teori Malthus tersebut sebenarnya telah mempersoalkan daya dukung lingkungan dan daya tampung lingkungan. dimana tanah sebagai salah satu komponen lingkungan tidak mampu menyediakan hasil pertanian untuk mencukupi kebutuhan jumlah penduduk yang terus bertambah dan makin banyak. Daya dukung tanah sebagai komponen lingkungan menurun, karena beban manusia yang makin banyak. Jumlah penduduk harus seimbang dengan batas ambang lingkungan, agar tidak menjadi beban lingkungan atau mengganggu daya dukung dan daya tampung lingkungan, dengan menampakkan bencana alam berupa banjir, kekeringan, gagal panen, kelaparan, wabah penyakit dan kematian.

Pamungkas (2019) menjelaskan bahwa pertumbuhan penduduk di suatu wilayah berdampak pada bidang lain. Dampak pertumbuhan penduduk antara lain sebagai berikut: (1) ketersediaan lahan untuk tempat tinggal dan bercocok tanam semakin berkurang; (2) semakin banyaknya polusi dan limbah yang berasal dari rumah tangga, pabrik, perusahaan, industri, dan peternakan; (3) angka atau jumlah pengangguran meningkat; (4) angka kesehatan masyarakat menurun; (5) meningkatnya angka kemiskinan; (6)

terbatasnya ketersediaan pangan; (7) angka kecukupan gizi memburuk (8) munculnya berbagai wabah penyakit.

5. Konsumsi Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika. Energi merupakan salah satu komponen penting dalam aktivitas ekonomi. Sektor industri merupakan salah satu kontributor terbesar terhadap PDB Indonesia dan salah satu sektor dengan pangsa konsumsi energi terbesar. Dalam usaha menjaga pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi dibutuhkan untuk merubah material bahan dasar menjadi barang dan jasa yang bermanfaat bagi masyarakat (Dixit et al. 2018).

- Konsumsi Energi Fosil

Liberty (2013) dalam Sasana (2019: 37) menyatakan energi fosil adalah energi yang tidak terbarukan yang akan habis pada suatu saat, dan membakarnya menghasilkan gas rumah kaca. Oleh karena itu, energi fosil tidak dapat diandalkan untuk menghasilkan energi. Akibatnya, diperlukan energi terbarukan dan berkelanjutan yang dapat digunakan berulang kali.

Hamdi (2016: 13-15) mengatakan bahwa sumber energi dari fosil digunakan untuk memproduksi listrik, untuk menyalakan pemanas rumah, untuk menjalankan mobil, dan untuk memproduksi berbagai jenis produk dan lain-lain. Sumber energi yang berasal dari fosil antara lain:

1. Batu bara. Batu bara merupakan salah sumber energi yang penting dalam kehidupan, yang dapat menghasilkan energi dalam jumlah dan relatif murah. Batu bara adalah mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengendap, selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Komponen penyusun batu bara yaitu campuran karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen. oleh karena itu, batu bara

termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Proses pembentukan batu bara disebut pematubaraan (coalification).

Batu bara yang terbentuk memiliki jenis yang bermacam-macam. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu tumbuhan purba yang jenisnya berbeda-beda sesuai dengan zaman geologi dan lokasi tempat tumbuh dan berkembangnya, ditambah dengan lokasi atau sedimentasi tumbuhan, pengaruh tekanan batuan dan panas bumi serta perubahan geologi yang berlangsung kemudian. Ketersediaan batu bara cukup berlimpah di alam sehingga banyak digunakan dalam revolusi industri dan diperkirakan tetap menjadi sumber energi utama di masa yang akan datang.

Ketersediaan batu bara juga banyak di negara kepulauan seperti Indonesia di mana batu bara ini hampir tersebar di seluruh kepulauan Indonesia. Akan tetapi deposit yang mempunyai nilai ekonomi hanya terdapat di beberapa tempat seperti Sumatera dan Kalimantan. Sebagai sumber energi, batu bara digunakan untuk bahan baku pada industri semen dan baja. Sepanjang siklus pemanfaatannya, batu bara menimbulkan kerusakan yang tak dapat diperbaiki pada bumi dan manusia di dalamnya. Siklus hidup batu bara mulai dari bawah tanah hingga ke limbah beracun yang dihasilkan disebut sebagai rantai kepemilikan. Rantai kepemilikan ini memiliki tiga rantai utama penambangan, pembakaran, sampai ke pembuangan limbahnya. Setiap bagian dari rantai ini menimbulkan daya rusak yang harus ditanggung bumi dan manusia di dalamnya.

2. Minyak bumi Minyak bumi adalah salah satu sumber energi utama yang banyak digunakan di berbagai negara di dunia sebagai bahan bakar. Kebutuhan bahan bakar selalu meningkat seiring dengan penggunaannya di bidang industri maupun transportasi. Oleh karena

itu, penggunaan minyak bumi dalam jumlah besar berada di negara-negara berkembang.

Minyak bumi dapat ditemukan di bawah permukaan yang berbentuk kubah. Untuk mendapatkan minyak bumi dilakukan pihak perindustrian melalui pengeboran lokasinya bisa di darat (yang dulunya lautan) atau dilepas pantai. kemudian dilakukan survei seismik untuk menentukan struktur batuan di bawah permukaan tersebut. Selanjutnya, perindustrian melakukan pengeboran kecil untuk menentukan ada tidaknya minyak. Jika ada, maka dilakukan beberapa pengeboran untuk memperkirakan apakah jumlah minyak di bumi tersebut ekonomis untuk mengambil atau tidak.

3. Gas alam Gas alam memasok lebih dari 20 persen kebutuhan energi di seluruh dunia. Gas alam disebut juga sebagai gas bumi atau gas rawa. Gas alam juga merupakan bahan bakar fosil berbentuk gas yang terutama terdiri dari metana (CH_4). Gas alam dapat ditemukan di ladang minyak, ladang gas bumi, dan juga tambang batu bara. Energi yang dihasilkan gas alam lebih efisien dibandingkan dengan minyak bumi dan batu bara. Selain itu penggunaan jauh lebih bersih dan sangat ramah lingkungan Karena tidak menimbulkan polusi terhadap lingkungan. Gas alam juga mempunyai beberapa keunggulan lain seperti tidak berwarna tidak berbau tidak korosif dan tidak beracun.

- **Konsumsi Energi Terbarukan**

Kementrian ESDM (2019) menyatakan bahwa sumber energi terbarukan merupakan sumber energi ramah lingkungan yang tidak mencemari lingkungan dan tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim dan pemanasan global. Karena energi yang didapat berasal dari proses alam yang berkelanjutan seperti sinar matahari, angin, air, *biofuel* dan *geothermal*. Hal ini menegaskan bahwa sumber

energi telah tersedia, dan menjadi alasan utama mengapa EBT sangat berkaitan dengan masalah lingkungan dan ekologi.

Aspergis (2011) mengemukakan bahwa energi terbarukan tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap emisi CO₂ pada beberapa negara maju dan berkembang. Hal ini disebabkan oleh konsumsi energi terbarukan yang belum dikembangkan dengan baik, terutama pada negara berkembang.

Fay dan Golomb (2005) dalam Hamdi (2016: 15-18) menyatakan bahwa contoh sumber energi terbarukan diantaranya: *hydropower*, *biomass power*, *geothermal*, *solar energy*, *wind power*, *tidal power*, *ocean wave power*, *ocean thermal power*. Jadi, sumber energi terbarukan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Hydropower* (Energi Air)

Air merupakan salah satu sumber energi yang sangat besar. Sebagai sumber energi, air dapat terbarukan, secara terus-menerus tersirkulasi oleh penguapan dan peresapan yang terjadi dalam siklus air. Siklus air dimulai dari panas matahari menyebabkan air di danau dan lautan menguap untuk membentuk awan. Kemudian air tersebut jatuh kembali ke bumi membentuk hujan dan salju yang mengalir melalui sungai dan aliran lain menuju laut. Air yang mengalir dapat dijadikan energi untuk memutar kincir air yang selanjutnya energi tersebut digunakan untuk proses mekanis industri. Energi aliran air juga dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik melalui turbin dan generator.

2. *Biomass Power* (Energi Biomassa)

Biomassa adalah material organik yang mempunyai simpanan energi dari matahari dalam bentuk energi kimia. Pada awalnya, biomassa dikenal sebagai sumber energi ketika manusia membakar kayu untuk memasak makanan atau menghangatkan tubuh pada musim dingin. Kayu merupakan sumber energi

biomassa yang masih sering digunakan. Sumber energi biomassa lainnya termasuk makanan hasil panen, rumput dan tanaman lain, limbah dan residu pertanian atau pengolahan hutan komponen organik limbah rumah tangga dan industri, juga gas metana sebagai hasil dari timbunan sampah. Biomassa dapat digunakan untuk menghasilkan listrik dan sebagai bahan bakar transportasi.

3. *Geothermal* (Energi Panas Bumi)

Panas yang terkandung dalam perut bumi menghasilkan uap dan air panas yang dapat digunakan untuk memberikan tenaga pada generator dan menghasilkan listrik, atau untuk pemakaian lain seperti pemanasan rumah dan pembangkit daya pada industri. Energi panas bumi dapat diambil dari sumber di bawah tanah dengan pengeboran atau dari sumber lain yang lebih dekat dengan permukaan bumi.

4. *Solar Energy* (Energi Matahari)

Matahari merupakan sumber energi terbesar. Sinar matahari atau tenaga surya dapat digunakan untuk memanasi, memberikan penerangan atau mendinginkan rumah atau bangunan lain, menghasilkan listrik, memanaskan air dan bermacam proses industri. Kebanyakan sumber energi terbarukan lainnya berasal baik secara langsung maupun tidak langsung dari matahari.

5. *Wind Power* (Energi Angin) Angin merupakan salah satu sumber energi yang sangat penting. Angin adalah pergerakan udara yang terjadi akibat udara hangat naik dan udara dingin mengalir menggantikan udara panas. Energi angin telah digunakan selama berabad-abad lalu untuk menggerakkan perahu layar dan menggerakkan kincir angin yang mengolah biji-bijian kemudian dalam perkembangannya angin digunakan untuk menggerakkan turbin Untuk menggantikan energi listrik.

6. *Tidal* (Energi Pasang Surut)

Energi pasang surut adalah energi yang dihasilkan dari pasang surut air laut dan menjadikannya energi dalam bentuk lain

terutama listrik. Energi pasang surut merupakan salah satu jenis energi terbarukan yang relatif lebih mudah diprediksi jumlahnya dibandingkan energi angin dan energi surya. Pembangkit listrik tenaga pasang surut skala besar pertama di dunia adalah rance tidal power station yang di bangun di Prancis dan mulai beroperasi sejak tahun 1966.

Pemanfaatan energi pasang surut belum luas karena tingginya biaya awal dan terbatasnya lokasi yang memiliki pasang surut yang mencukupi titik penelitian dan pengembangan lebih lanjut terus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan batas kritis energi yang dihasilkan hingga didapatkan berbagai metode untuk mengekstraksi energi.

Tabel 1. Sumber Energi

Sumber Energi	Terbarukan	Ramah Lingkungan
PLTU (Uap) Batubara	X	x
PLTG (Gas Alam)	X	x
Biomassa	✓	x
PLTN (Nuklir)	X	✓
PLTP (Panas Bumi)	X	✓
PLTA (Air)	✓	✓
PLTB (Angin)	✓	✓
PLTS (Surya)	✓	✓

Sumber: Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral

6. Hubungan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Emisi CO₂

Pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂ dijelaskan dalam sebuah hipotesis bernama Environmental Kuznets Curve (EKC). Hipotesis EKC menjelaskan bahwa pertumbuhan ekonomi awalnya akan meningkatkan degradasi lingkungan. Hal ini dikarenakan negara akan berfokus pada peningkatan produksi tanpa memperhatikan aspek lingkungan. Proses

produksi yang dilakukan secara terus menerus kemudian akan mengakibatkan degradasi lingkungan berupa pencemaran baik terhadap tanah, air, maupun udara. Pertumbuhan ekonomi pada titik tertentu kemudian akan menyadarkan masyarakat bahwa kebutuhan akan kualitas lingkungan yang baik menjadi sangat penting. Titik inilah yang disebut sebagai titik balik (*turning point*) dimana pertumbuhan ekonomi akan menurunkan degradasi lingkungan (Shaharir and Alinor 2013).

Panayatou dalam Gupito (2019) menjelaskan bahwa pertumbuhan ekonomi berdampak pada degradasi lingkungan. Terdapat dua alasan mengapa hal ini terjadi. Pertama ialah kapasitas lingkungan yang terbatas untuk menampung limbah yang dihasilkan oleh aktivitas ekonomi, kedua adalah keterbatasan sumber daya alam yang tidak bisa diperbarui. Hal ini berimplikasi pada pilihan antara pertumbuhan ekonomi atau lingkungan. Jika ingin meningkatkan pertumbuhan ekonomi, lingkungan akan menanggung beban yang pada gilirannya akan membatasi ekonomi untuk tumbuh.

7. Hubungan Pertumbuhan Penduduk Terhadap Emisi CO₂ di Indonesia

Terdapat berbagai teori yang menyebabkan terjadinya perubahan iklim. Salah satunya yaitu *theory anthropogenic global warming* atau biasa dikenal dengan teori AGW. Teori ini menyatakan bahwa aktivitas manusia menghasilkan emisi gas rumah kaca yang menjadi penyebab utama dari perubahan iklim (Bast 2010).

Pertumbuhan penduduk menjadi faktor penting yang berpengaruh menentukan level konsumsi energi sebuah negara pada waktu yang akan datang. Kebutuhan energi pada suatu wilayah meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan gaya hidup. Gaya hidup dan pertumbuhan penduduk akan meningkat jika energi yang potensial tersedia (Agostinho and Pereira 2013). Hal ini yang menunjukkan terdapat hubungan antara pertumbuhan penduduk dan pemanasan global.

8. Hubungan Konsumsi Energi Terhadap Emisi CO₂ di Indonesia

Pertumbuhan ekonomi tidak terlepas dari kegiatan perekonomian masyarakat, apalagi jumlah penduduk di Indonesia bertambah dari tahun ke tahun. Meningkatnya pertumbuhan penduduk menyebabkan berbagai dampak terhadap aspek kehidupan manusia. Salah satunya adalah penggunaan sumber daya energi untuk menunjang kebutuhan hidup yang meliputi sektor industri, transportasi, rumah tangga, komersial, dan lain sebagainya. Energi sebagai salah satu bagian dari sumber daya memiliki peran yang sangat penting bagi penggerak pembangunan ekonomi baik dalam aktivitas produksi, distribusi, hingga konsumsi.

Bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi yang dominan dalam permintaan energi di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Ketergantungan terhadap energi fosil, terutama minyak bumi dalam pemenuhan konsumsi di dalam negeri masih tinggi. Ketergantungan dunia termasuk Indonesia terhadap bahan bakar fosil menimbulkan dampak yang serius bagi lingkungan. Emisi karbon dioksida (CO₂) yang dilepaskan oleh bahan bakar fosil menjadi penyebab utama terjadinya pemanasan global. Pemanasan global adalah kondisi peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi akibat konsentrasi gas rumah kaca yang berlebih. Pemanasan global yang terjadi di Indonesia dapat mempengaruhi ekosistem di Indonesia, terlebih lagi Indonesia merupakan negara maritim sehingga terdapat berbagai sumber daya alam. Selain itu pemanasan global menyebabkan kenaikan suhu global, sehingga siklus air dan kelembapan udara menjadi terganggu.

B. Penelitian Terdahulu

Tabel 2. Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul	Metode	Hasil
(Ridwan Fauzi. 2018)	Pengaruh Konsumsi Energi, Luas Kawasan Hutan dan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Emisi CO ₂ di 6 (Enam) Negara Anggota ASEAN: Pendekatan Analisis Data Panel	Variabel terikat: <ul style="list-style-type: none"> ▪ EmisiCo₂ Variabel bebas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Konsumsi energi ▪ Luas Kawasan Hutan ▪ Pertumbuhan Ekonomi Teknik analisa yang digunakan pada penelitian ini yaitu analisis estimasi model ekonometrika dan statistika menurut data panel data region.	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ekonometrika dari variable konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi dengan menambahkan variable luas Kawasan hutan mempunyai pengaruh terhadap emisi CO₂ dengan tingkat kepercayaan terhadap model sebesar 97,84% dan sisanya yaitu 2,16% dipengaruhi oleh variable lain.
(Apergis et al. 2010)	<i>On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth.</i>	Variabel terikat: <ul style="list-style-type: none"> • Emisi CO₂ Variabel bebas: <ul style="list-style-type: none"> • Konsumsi Energi Nuklir • Konsumsi Energi Terbarukan • Pertumbuhan 	<ul style="list-style-type: none"> • Perkiraan jangka panjang menunjukkan bahwa ada hubungan negatif antara energi nuklir dan emisi CO₂.

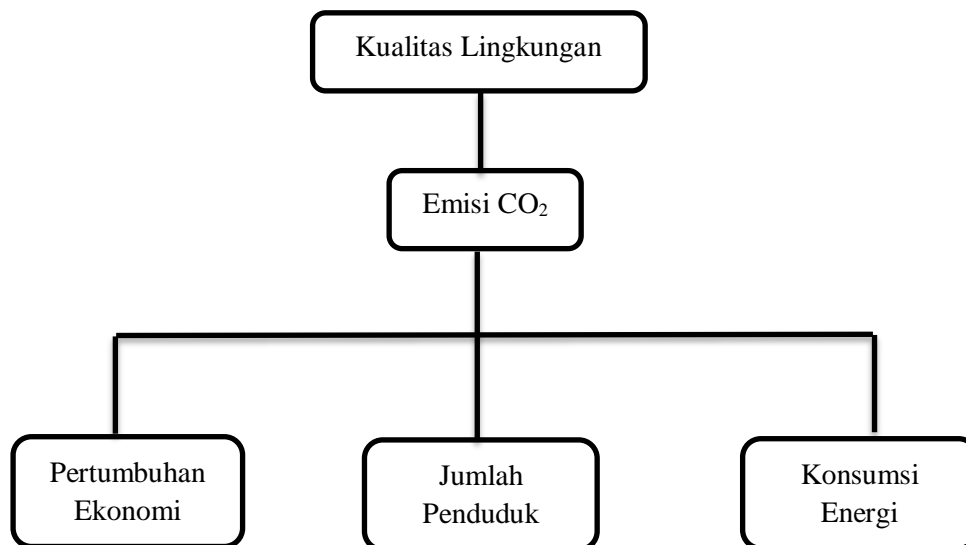
		Ekonomi	• Terdapat hubungan positif antara konsumsi energi terbarukan dengan emisi CO ₂ .
		Penelitian ini menggunakan <i>panel error correction model</i> .	
(Helda, N. P., Jamal, A., & Dawood 2018)	Pengaruh Urbanisasi, PDB Sektor Industri dan Pertumbuhan PDB Sektor Transportasi Terhadap Polusi Lingkungan di Indonesia.	Variabel terikat: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Emisi CO₂ Variabel bebas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Urbanisasi ▪ Pertumbuhan Ekonomi Sektor Industri ▪ Pertumbuhan Ekonomi Sektor Transportasi 	• Terdapat hubungan jangka panjang dan jangka pendek pada penelitian ini. Dalam jangka panjang, variable urbanisasi dan pertumbuhan PDB transportasi secara positif dan signifikan berpengaruh terhadap polusi lingkungan di Indonesia.
		Penelitian ini menggunakan metode <i>Autoregressive Distributed Lag (ARDL)</i>	
Syeda Anam Hassan dan Inayatul Haq (2017)	<i>The Impact of Economic Growth, Trade Openness and Energy Consumption on Carbon Emissions in Nexus of EKC for Pakistan</i>	Variabel terikat: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Emisi CO₂ Variabel bebas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ GDP ▪ Populasi ▪ Perdagangan ▪ Penggunaan energi 	• EKC terbukti dalam jangka panjang maupun jangka pendek ▪ Semua variabel kontrol dalam jangka panjang memiliki pengaruh yang signifikan ▪ Variabel perdagangan
		Data <i>time series</i> yang digunakan tahun 1980-2016 di Pakistan dengan	

		metode <i>Johansen Co-integration test</i>	tidak memiliki pengaruh dalam jangka pendek.
Kangyin Dong, Gal Hochman, Yaqjang Zhang, Renjin Sun, Hui Li, dan Hua Liao (2018)	<i>The Role of Natural Gas and Renewable Energy in Curbing Carbon Emissions: Case Study of the United States</i>	<p>Variabel terikat:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Emisi CO2 <p>Variabel bebas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pertumbuhan ekonomi ▪ Populasi ▪ Energi Terbarukan <p>Penelitian ini menggunakan data panel dari 128 negara selama periode 1990-2014. Metode yang digunakan yaitu <i>cross sectional dependence</i> dan uji homogenitas lereng.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa baik di tingkat global atau regional ukuran populasi dan pertumbuhan ekonomi secara positif dan signifikan mempengaruhi tingkat emisi CO₂ di enam wilayah.
Imran Hanif, Syed Muhammad Faraz Raza, Pilar Gago-de-Santos, dan Qaiser Abbas (2019)	<i>Fossil Fuels, Foreign Direct Investment, and Economic have Triggered CO2 Emissions in Emerging Asian.</i>	<p>Variabel Terikat:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emisi CO2 <p>Variabel Bebas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energi Fosil • Investasi Asing • Pertumbuhan Ekonomi <p>Penelitian ini menggunakan data panel dengan periode 1990-2013, dengan metode <i>Autoregresif Model Distributive Lag (ARDL)</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pada negara berkembang upaya untuk mendorong pertumbuhan ekonomi berpengaruh pada emisi CO₂ dan konsumsi energi fosil berpengaruh terhadap emisi karbon dan kerusakan lingkungan di tingkat regional.

-
- Investasi asing memiliki pengaruh negatif terhadap emisi CO₂.
-

C. Kerangka Pemikiran

Penelitian ini menjelaskan bahwa Emisi CO₂ dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan konsumsi energi. Pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang berasal dari *BP Statistical Review of Global Energi*, *World Bank*, dan *BPS*. Dari uraian tersebut dapat disimpulkan kerangka berpikir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Kerangka Pemikiran

D. Hipotesis

Kuncoro (2013) menjelaskan bahwa hipotesis adalah suatu penjelasan sementara tentang perilaku, fenomena atau keadaan tertentu yang telah terjadi atau akan terjadi. Hipotesis merupakan pernyataan peneliti tentang hubungan antara variabel-variabel dalam penelitian serta merupakan pernyataan yang paling

spesifik. Hipotesis digunakan sebagai pedoman untuk dapat mengarahkan penelitian agar sesuai dengan apa yang diharapkan. Adapun hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diduga pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif terhadap emisi CO₂ di Indonesia.
2. Diduga pertumbuhan penduduk berpengaruh positif terhadap emisi CO₂ di Indonesia.
3. Diduga konsumsi energi berpengaruh positif terhadap emisi CO₂ di Indonesia.
4. Diduga pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan konsumsi energi, secara bersama-sama berpengaruh terhadap emisi CO₂ di Indonesia.

III. METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Sumber Data

Jenis penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dengan jenis data *time series*. Data *time series* berasal dari data 28 tahun terakhir dari tahun 1992-2020. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang berasal dari BPS (Badan Pusat Statistik) Indonesia, *BP Statistical Review of Global Energy (World Energy)*, *World Energy*. Berikut merupakan variabel simbol, satuan, dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3. Variabel, Simbol, Satuan, dan Sumber Data

VARIABEL	SIMBOL	SATUAN	SUMBER DATA
Emisi CO ₂	CO ₂	Juta Ton	<i>Global Carbon Project</i>
Pertumbuhan Ekonomi	Growth	Persen	BPS
Pertumbuhan Penduduk	POP	Juta Jiwa	BPS
Konsumsi Energi	KE	Setara Minyak	<i>World Energy</i>

B. Definisi Operasional Variabel

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

1. Variabel Terikat (*Dependent Variabel*) yaitu Emisi Karbon Dioksida (CO₂)
 - a. Emisi karbon dioksida (Y) merupakan salah satu komponen zat yang menyusun gas rumah kaca di atmosfer. Karbon dioksida juga merupakan gas yang dihasilkan sebagai konsekuensi dari penggunaan bahan bakar fosil

dalam proses produksi. Karbon dioksida merupakan senyawa yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil. Emisi CO₂ dinyatakan dalam juta ton dan data emisi CO₂ diperoleh dari *Global Carbon Project*.

2. Variabel Bebas (*Independent Variabel*) yaitu pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk dan konsumsi energi.

- a. Pertumbuhan Ekonomi (X1) merupakan besarnya pendapatan rata-rata penduduk di suatu daerah. Pendapatan per kapita sering digunakan sebagai tolak ukur kemakmuran dan tingkat pembangunan sebuah daerah. Semakin besar pendapatan per kapitanya, maka semakin besar juga kemungkinan daerah tersebut memiliki tingkat pembangunan dan pendapatan rata-rata penduduk yang tinggi. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data PDB per kapita di Indonesia dari tahun 1992-2020 yang bersumber dari data publikasi Badan Pusat Statistik Indonesia.
- b. Pertumbuhan Penduduk (X2) merupakan jumlah keseluruhan penduduk di suatu daerah. Yang dalam penelitian ini adalah jumlah penduduk yang ada dan tinggal di provinsi-provinsi di Indonesia. Dalam penelitian ini jumlah penduduk menjadi variabel independen dengan satuan persen yang bersumber dari Badan Pusat Statistik Indonesia.
- c. Konsumsi Energi (X3) merupakan jumlah energi yang digunakan. Yang dalam penelitian ini adalah menggunakan konsumsi energi fosil. Konsumsi energi dinyatakan dalam satuan ukur setara barel minyak (sbm) yang bersumber dari *World Energy*.

C. Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis data model *Error Correction Model* (ECM). Pemilihan metode ini sesuai dengan tujuan dalam penelitian, yaitu untuk menganalisis pengaruh variabel Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi terhadap Emisi CO₂ di Indonesia baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Selain digunakan untuk melihat pengaruh jangka panjang dan jangka pendek variabel bebas terhadap variabel terikat, ECM juga digunakan untuk

menyeimbangkan perilaku ekonomi yang sering menunjukkan ketidakseimbangan, sehingga perlu suatu model yang memasukkan variabel penyesuaian untuk melakukan koreksi bagi ketidakseimbangan tersebut (Widarjono, 2018) dan mengatasi data yang tidak stasioner serta regresi lancung. Regresi lancung adalah regresi yang memiliki R^2 yang tinggi namun memiliki nilai Durbin Watson yang rendah. Dalam penelitian ini menggunakan alat bantu analisis software komputer program Eviews 10.

D. Prosedur Pengujian Data

1. Uji Stasioneritas (*Unit Root Test*)

Uji stasioneritas digunakan untuk melihat apakah data yang diamati stasioner atau tidak sebelum melakukan regresi data. Stasioner merupakan salah satu prasyarat penting untuk data runtun waktu (*time series*). Data *time series* dapat dikatakan stasioner jika memiliki rata-rata dan varian yang konstan sepanjang waktu serta kovarian antara dua runtun terdapat data yang tidak stasioner dalam model, maka data tersebut harus di pertimbangkan kembali kestabilan dan validitasnya, karena hasil regresi yang berasal dari data tidak stasioner dapat memiliki regresi dengan R^2 yang tinggi, namun tidak ada hubungan yang berarti diantara keduanya (*spurious regression*) (Widarjono, 2018).

Guna mengetahui stasioner data dapat dilihat dengan melalui uji *Unit Root Test* (uji akar unit) yang dikembangkan oleh Dickey-Fuller yang dikenal dengan uji akar unit Dickey-Fuller (DF). Jika suatu data *time series* tidak stasioner pada orde nol $I(0)$, maka stasioneritas data tersebut bisa dicari melalui orde berikutnya sehingga diperoleh tingkat stasioneritas pada orde ke- n , *first difference* atau $I(1)$ atau *second difference* $I(2)$, dan seterusnya.

Hipotesis untuk pengujian ini adalah:

$H_0 = 0$, terdapat unit root, tidak stasioner

$H_a \neq 0$, tidak terdapat unit root, stasioner

Jika hasil uji menolak hipotesis adanya unit root untuk semua variabel, berarti semua adalah stasioner atau dengan kata lain variabel-variabel terkointegrasi pada $I(0)$. Sehingga estimasi akan dilakukan dengan menggunakan regresi linier.

2. Transformasi Data Non Stasioner

Jika variabel yang digunakan tidak stasioner, maka diperlukan langkah untuk membuat data menjadi stasioner melalui proses diferensiasi data. Uji stasioner data melalui proses diferensiasi ini disebut dengan uji derajat integrasi (Widarjono, 2018). Adapun formulasi uji derajat integrasi dari ADF sebagai berikut:

$$\Delta^2 Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta^2 Y_{t-1} + e_t \quad (3.1)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta^2 Y_{t-1} + e_t \quad (3.2)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 T + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta^2 Y_{t-1} + e_t \quad (3.3)$$

Dimana $\Delta^2 Y_t = \Delta Y_t - \Delta Y_{t-1}$

Seperti uji akar unit pada tingkat lever sebelumnya, keputusan sampai pada derajat ke berapa suatu data akan stasioner dapat dilihat dengan membandingkan antara nilai statistic ADF yang diperoleh dari koefisien γ dengan nilai kritis distribusi statistic Mackinnon. Jika nilai absolut dari statistic ADF lebih besar dari nilai kritisnya pada diferensi tingkat pertama, maka data dikatakan stasioner pada derajat satu. Akan tetapi, ketika nilainya lebih kecil maka uji derajat integrasi perlu dilanjutkan pada diferensi yang lebih tinggi sehingga diperoleh data yang stasioner.

3. Uji Kointegrasi Engle-Granger

Uji kointegrasi dilakukan untuk mengetahui adanya kemungkinan hubungan keseimbangan jangka panjang pada variabel-variabel penelitian. Pada penelitian ini menggunakan uji kointegrasi Engle-Granger (EG). Pada uji kointegrasi dari EG ini kita harus melakukan regresi persamaan terlebih dahulu dan kemudian mendapatkan residualnya. Dari residual ini kemudian kita uji menggunakan uji akar unit yang dikembangkan oleh Dickey-Fuller melalui uji DF maupun ADF-nya.

Dari hasil estimasi nilai statistik DF dan ADF kemudian di bandingkan dengan nilai kritisnya. Nilai statistic DF dan ADF diperoleh dari koefisien β_1 . Jika nilai statistiknya lebih besar dari nilai kritisnya maka variabel-variabel yang diamati saling berkointegrasi atau mempunyai hubungan jangka panjang dan sebaliknya maka variabel yang diamati tidak berkointegrasi. Dalam hal ini nilai kritis statistic DF maupun ADF tidak lagi bisa digunakan karena variabel gangguannya didasarkan dari parameter kointegrasi. Untuk keperluan ini Engle-Granger elah mengembangkan nilai kritis statistic tersendiri (Widarjono, 2018). Untuk melakukan uji Engle Granger harus dilakukan regresi persamaan berikut:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + e_t \quad (3.4)$$

Setelah mendapatkan residualnya, lalu di uji dengan DF atau ADF dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta e_t = \beta_1 e_{t-1} \quad (3.5)$$

$$\Delta e_t = \beta_1 e_{t-1} + \sum_{i=2}^p a_i \Delta e_{t-1+i} \quad (3.6)$$

Dari hasil estimasi yang didapat nilai statistic ADF dibandingkan dengan nilai kritisnya dimana nilai statistic ADF didapatkan dari koefisien β_1 . Apabila nilai statistiknya lebih besar dari nilai kritis maka variabel-variabel yang dianalisis saling berkointegrasi dan memiliki hubungan jangka pendek dan jangka panjang, namun jika sebaliknya maka variabel yang di analisis tidak memiliki kointegrasi.

4. *Error Correction Model (ECM)*

Model ECM dapat mengkaji konsisten tidaknya model empiris dengan teori ekonomi serta dalam usaha mencari pemecahan terhadap variabel runtun waktu yang tidak stasioner sehingga menyebabkan regresi lanceng atau *spurious regression* (Widarjono, 2018). Penggunaan ECM dalam penelitian ini bertujuan untuk melihat apakah data ekonomi yang berfluktuasi bergerak dalam bentuk *time series* memiliki trend/keseimbangan jangka panjang sehingga dapat melihat penyesuaian dan koreksi terhadap keseimbangan jangka panjang (Ekananda, 2015). Untuk memahami model ECM dibutuhkan model jangka panjang sebagai berikut:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t \quad (3.7)$$

Apabila Y_t mempunyai nilai yang berbeda dengan nilai keseimbangannya maka perbedaan sisi kiri dan sisi kanan pada persamaan diatas adalah:

$$EC_t = Y_t - \beta_0 - \beta_1 X_t \quad (3.8)$$

Nilai perbedaan EC_t ini disebut dengan *disequilibrium error*. Memasukkan unsur kelambanan variabel terikat dan bebasnya karena biasanya jarang ditemukan dalam kondisi keseimbangan sehingga menjadi:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 X_{t-1} + \phi Y_{t-1} + e_t \quad 0 < \phi < 1 \quad (3.9)$$

Dalam persamaan diatas memasukkan kelambanan tingkat pertama (*first order lags*). Jika data tidak stasioner pada tingkat level maka dalam mengatasi hal tersebut perlu dimanipulasi dengan cara mengurangi setiap sisi dengan Y_{t-1} sehingga menghasilkan persamaan:

$$Y_t - Y_{t-1} = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 X_{t-1} + \phi Y_{t-1} - Y_{t-1} + e_t \quad (3.10)$$

$$Y_t - Y_{t-1} = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 X_{t-1} - (1-\phi)Y_{t-1} + e_t \quad (3.11)$$

Penambahan dan pengurangan dengan $\beta_1 X_{t-1}$ di sisi persamaan diatas akan menghasilkan:

$$Y_t - Y_{t-1} = \beta_0 + \beta_1 X_t - \beta_1 X_{t-1} + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-1} - (1-\phi)Y_{t-1} + e_t \quad (3.12)$$

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + (\beta_1 + \beta_2)X_{t-1} - \lambda Y_{t-1} + e_t \quad (3.13)$$

Dimana Δ = menunjukkan perbedaan pertama dan $\lambda = 1-\phi$. Parameterisasi ulang menghasilkan:

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta X_t + \lambda(Y_{t-1} - \beta_1 \Delta X_{t-1}) + e_t \quad (3.14)$$

Dimana $\beta_1 = (\beta_1 + \beta_0)\lambda$. Kemudian parameterisasi ulang menghasilkan:

$$\Delta Y_t = \beta_1 \Delta X_t - \lambda(Y_{t-1} - \beta_1 X_{t-1}) + e_t \quad (3.15)$$

Persamaan diatas menjelaskan bahwa perubahan Y masa sekarang dipengaruhi oleh perubahan X dan kesalahan ketidakseimbangan (*error correction component*) periode sebelumnya. Pada persamaan diatas merupakan model ECM tingkat pertama (*first order error correction model*). Namun, tidak menutup kemungkinan untuk merumuskan pada tingkat dua atau lebih tinggi. Parameter λ adalah parameter penyesuaian, parameter β menjelaskan pengaruh jangka pendek dan parameter β menjelaskan pengaruh jangka panjang.

Persamaan yang disusun dalam penelitian ini sebagai berikut:

$$\Delta\text{CO}_{2t} = \beta_0 + \beta_1\Delta\text{Growth}_t + \beta_2\Delta\text{POP}_t + \beta_3\Delta\text{KE}_t - \beta_4\text{ECT}_t + e_t$$

Keterangan:

ΔCO_2	= Perubahan Emisi CO_2
ΔGrowth	= Perubahan Pertumbuhan Ekonomi
ΔPOP	= Perubahan Pertumbuhan Penduduk
ΔKE	= Perubahan Konsumsi Energi
t	= 1,2, ..., n, menunjukkan dimensi runtun waktu (<i>time series</i>)
β	= Konstanta
$\beta_{1, 2, 3, 4}$	= Koefisien
e	= Residual (<i>error term</i>)
ECT	= Residual _{t-1}

4. Uji Asumsi Klasik

Uji asumsi klasik (*classical assumptions*) adalah uji statistic untuk mengukur sejauh mana sebuah model regresi dapat disebut sebagai model yang baik. Model regresi disebut sebagai model yang baik jika model tersebut memenuhi asumsi-asumsi klasik yaitu multikolinieritas, autokorelasi, heteroskedastisitas, dan normalitas.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas untuk menguji apakah nilai residual yang telah distandarisasi pada model regresi berdistribusi normal atau tidak. Cara melakukan uji normalitas ini dengan pendekatan analisis grafik *normal probability Plot*. Pada pendekatan ini residual terdistribusi normal apabila garis (titik-titik) yang menggambarkan data sesungguhnya akan mengikuti atau merapat ke garis diagonalnya. Dalam penelitian ini, untuk mendeteksi normalitas data dilakukan dengan pengujian *Jarque Bera*.

- Jika nilai J-Bhitung > 0,05 maka terdistribusi normal
- Jika nilai J-Bhitung < 0,05 maka tidak terdistribusi normal

b. Uji Multikolinieritas

Uji Multikolinieritas menurut (Nachrowi & Usman, 2006), adanya korelasi antara variabel-variabel bebas menjadikan interpretasi tiap koefisien regresi menjadi tidak lagi benar. Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi diantara variabel independen. Meskipun begitu, bukan berarti korelasi yang terjadi antara variabel-variabel bebas tidak diperbolehkan, hanya kolinieritas yang sempurna atau *perfect collinierity* saja yang tidak diperbolehkan, yaitu terjadinya korelasi linier antara sesama variabel bebasnya. Sedangkan untuk sifat kolinier yang hampir sempurna (hubungannya tidak bersifat linier atau korelasi mendekati nol) masih diperbolehkan atau tidak termasuk dalam pelanggaran asumsi. Hipotesis Uji Multikolinieritas dalam penelitian ini adalah:

- H_0 : tidak terdapat multikolinieritas
- H_1 : terdapat multikolinieritas

c. Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi adalah pengujian yang digunakan untuk menguji ada tidaknya korelasi dalam model regresi atau untuk mengetahui apakah didalam model yang digunakan terdapat autokorelasi antar variable yang digunakan. Uji ini merupakan korelasi yang terjadi antara residuan pada satu pengamatan dengan pengamatan lain pada model regresi. Untuk mengetahui ada atau tidaknya autokorelasi pada regresi dapat diketahui melalui Uji Breusch Godfrey. Uji Breusch Godfrey ini merupakan salah satu uji untuk mengetahui autokorelasi pada data residual yang di uji. Uji ini merupakan pengembangan dari uji Durbin Watson, dimana:

- Jika nilai prob $< 0,05$ maka terdapat autokorelasi
- Jika nilai prob $> 0,05$ maka tidak terdapat autokorelasi

d. Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi terdapat ketidaksamaan varian dari residual satu pengamatan ke pengamatan

lain. Konsekuensi adanya heteroskedastisitas dalam model regresi adalah penaksiran yang diperoleh tidak efisien, baik dalam sampel kecil maupun besar. Untuk menguji apakah terdapat heteroskedastisitas dengan menggunakan *white*. Metode ini dilakukan dengan melihat nilai *Obs*R-Squared*. Data tidak terdapat heteroskedastisitas apabila *Obs*R-Squared* atau probabilitas Chi-Square $> \alpha$ ($\alpha = 0,05$).

5. Uji Statistik

Uji statistik bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variabel bebas yaitu pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, konsumsi energi terhadap variabel terikat yaitu emisi CO₂.

a. Uji Koefisien Regresi Secara Individual (Uji t)

Uji ini digunakan untuk melihat signifikansi dari pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen secara individual dalam menjelaskan variabel terikat. Uji ini dilakukan untuk melihat probabilitas t hitung, ketika probabilitas kurang dari taraf signifikansi sebesar 5% maka variabel bebas tersebut signifikan mempengaruhi variabel terikat. Dasar pengambilan keputusan pengujian hipotesis ini adalah :

- $t \text{ hitung} > t \text{ tabel} = H_0 \text{ diterima, } H_a \text{ ditolak}$
- $t \text{ hitung} < t \text{ tabel} = H_0 \text{ ditolak, } H_a \text{ diterima}$

Jika H_0 ditolak, maka variabel independen yang diuji memiliki pengaruh nyata terhadap variabel dependen. Jika H_0 diterima, maka variabel independen yang diuji tidak memiliki pengaruh nyata terhadap variabel dependen. Uji-t dalam penelitian ini adalah:

1. Pertumbuhan Ekonomi

$H_0 : \beta_1 \leq 0$ = tidak berpengaruh signifikan

$H_a : \beta_1 > 0$ = terdapat pengaruh positif dan signifikan antara pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO₂

2. Pertumbuhan Penduduk

$H_0 : \beta_2 \leq 0$ = tidak berpengaruh signifikan

$H_a : \beta_2 > 0$ = terdapat pengaruh positif dan signifikan antara pertumbuhan penduduk terhadap emisi CO₂

3. Konsumsi Energi

$H_0 : \beta_3 \leq 0$ = tidak berpengaruh signifikan

$H_a : \beta_3 > 0$ = terdapat pengaruh positif dan signifikan antara pertumbuhan penduduk terhadap emisi CO₂

b. Uji Signifikasi Simultan (Uji F)

Uji F yaitu uji yang digunakan untuk melihat bagaimana pengaruh semua variabel bebas terhadap variabel terikat dan untuk menguji apakah model regresi yang ada signifikan atau tidak signifikan. Uji F dapat dilakukan dengan membandingkan F hitung dengan F tabel (Gujarati,2003). Kriteria yang digunakan dalam menerima/menolak hipotesis adalah:

- F hitung > F tabel dengan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ maka H_a diterima, artinya secara bersama-sama seluruh variabel bebas berpengaruh positif
- F hitung < F tabel dengan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ maka H_a ditolak, artinya secara bersama-sama seluruh variabel bebas tidak berpengaruh

c. Uji Koefisien Determinasi (R²)

Koefisien determinasi (R²) digunakan untuk mengetahui besarnya daya kemampuan menerangkan variabel independen terhadap variabel dependen pada model. Nilai R² berkisar antara $0 < R^2 < 1$ sehingga kesimpulan yang diambil adalah:

- Nilai R² yang kecil atau mendekati nol artinya kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan variabel variabel tak bebas sangat terbatas.
- Nilai R² mendekati satu artinya variabel bebas memberikan hampir semua informasi untuk memperkirakan variasi dari variabel tak bebas.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Variabel Pertumbuhan Ekonomi (Growth) berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap emisi CO₂ dalam jangka panjang dan jangka pendek.
2. Variabel Pertumbuhan Penduduk (POP) berpengaruh negatif dan signifikan pada jangka panjang, dan pada jangka pendek variabel Pertumbuhan Penduduk (POP) berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap emisi CO₂ di Indonesia.
3. Variabel Konsumsi Energi (KE) berpengaruh positif signifikan terhadap emisi CO₂ pada jangka panjang dan jangka pendek terhadap emisi CO₂ di Indonesia..
4. Variabel pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan konsumsi energi secara bersama-sama mempengaruhi emisi CO₂ di Indonesia.

B. Saran

Saran yang disampaikan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Perlu adanya regulasi atau kebijakan pemerintah untuk peningkatan pertumbuhan ekonomi dengan menciptakan teknologi-teknologi yang ramah lingkungan. Salah satunya yaitu dengan mewajibkan perusahaan-perusahaan besar menggunakan teknologi yang ramah lingkungan.
2. Perlu adanya peran pemerintah dalam meningkatkan regulasi untuk pengembangan teknologi dan investasi teknologi. Seperti penggunaan

mobil listrik dan hybrid, pemanfaatan biomass, dan penggunaan hidroelektrik (pembangkit listrik tenaga air).

3. Pemerintah perlu mengatasi masalah ketergantungan terhadap energi fosil salah satunya dengan cara mewajibkan semua gedung dan rumah menggunakan *solar cell*.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Agostinho, Feni, and Lucas Pereira. 2013. "Support Area as an Indicator of Environmental Load: Comparison between Embodied Energy, Ecological Footprint, and Emergy Accounting Methods." *Ecological Indicators* 24 (January): 494–503. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.006>.
- Agus Widarjono. 2018. *Ekonometrika*. Edisi Kelima.
- Arista, T.R dan Syamsul Amar, 2019. Analisis Kaukasial Emisi CO₂, Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi, dan Modal Manusia di ASEAN. *Jurnal Kajian Ekonomi dan Pembangunan*.
- Apergis, Nicholas, James E. Payne, Kojo Menyah, and Yemane Wolde-Rufael. 2010. "On the Causal Dynamics between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy, and Economic Growth." *Ecological Economics* 69 (11): 2255–60. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.014>.
- Azwar, 2019. Economics Growth and CO₂ Emissions In Indonesia: Investigating The Environmental Kuznet Curve Hypothesis Existence. *Jurnal BPPK*.
- BAPPENAS, 2014. *Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca Sektor Berbasis Lahan*. Jakarta: BAPPENAS.
- Bilgili, Faik, Emrah, dan Umit Bulut. 2016. The dynamic impact of renewable energy consumption on CO₂ emissions: A revisited Environmental Kuznet Curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews Journal*.
- BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika). 2013. *Buku Informasi Perubahan Iklim dan Kualitas Udara di Indonesia*. Jakarta: BMKG.
- BP (*British Petroleum*). 2020. *Statiscal Review of Global Energy*. <http://www.bp.com>

Carbon Dioxide Information Analysis Center, World Bank.
(<https://data.worldbank.org>)

Codal, Keziban Seckin, Izzet Ari, and Ahmet Codal. 2021. "Multidimensional Perspective for Performance Assessment on Climate Change Actions of G20 Countries." *Environmental Development* 39 (April): 100639.
<https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100639>.

Dewan Energi Nasional. 2014. *Outlook Energy*. Jakarta: Dewan Energi Nasional.

Dong, Kangyin dkk. 2018. CO₂ emissions, economics and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions. *Energy Economics*.

Ekonomi, Pertumbuhan, Terhadap Emisi, C O Di, Enam Negara, Anggota Asean, Pendekatan Analisis, and Data Panel. 2018. "EFFECTS OF ENERGY CONSUMPTION , FOREST AREAS AND" 6 (June 2016).
<https://doi.org/10.20886/jklh.2017.11.1.14-26>.

Febriana, Selly., 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.

Gujarati, D. 2003. *Ekonometrika Dasar Edisi 6*. Jakarta: Erlangga.

Harahap, yunita shara. 2020. "Kar Bondioksida Di Indonesia Tahun 2008-2017."

Helda, N. P., Jamal, A., & Dawood, T. C. 2018. "Engaruh Urbanisasi, Pertumbuhan Pdb Sektor Industri Dan Pertumbuhan Pdb Sektor Transportasi Terhadap Polusi Lingkungan Di Indonesia." *Jurnal Ekonomi Dan Kebijakan Publik Indonesia* 5 (2): 168–83.

Jhingan, M.L. 2012. *Ekonomi Pembangunan dan Perencanaan*. Jakarta: Rajawali Pers.

Kementrian ESDM. 2006. *Program Strategi EBTKE dan Ketenagalistrikan*. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral

Labiba, Dina, dan Wisnu Pradito. 2018. Sebaran Emisi CO₂ dan Implikasinya

terhadap Penataan Ruang Area Industri di Kendal. *Jurnal Pembangunan Kota*. Vol. 6. No. 2.

Managi, Shunsuke, and Shinji Kaneko. 2015. "Environmental Kuznets Curve." *Chinese Economic Development and the Environment*, 1–17. <https://doi.org/10.4337/9781849803434.00008>.

Sasana, Hadi, and Jaka Aminata. 2019. "Energy Subsidy, Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Dioxide Emission: Indonesian Case Studies." *International Journal of Energy Economics and Policy* 9 (2): 117–22. <https://doi.org/10.32479/ijeep.7479>.

Shaharir, b. M. Z., and M. b. A. K Alinor. 2013. "The Need for a New Definition of Sustainability. Journal of Indonesian Economy and Business." *Journal of Indonesian Economy and Business* 28 (2): 2013.

Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Pendidikan Cetakan Ke-20*. Bandung: Alfabeta.

Sukirno, Sadono. 2011. *Makro Ekonomi Teori Pengantar, Edisi Ketiga*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

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 Negara Di Asia Periode 1999-2013." *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya* 2 (2): 1–12.

United Nations Environment Programme (UNEP). Green Economy. (unep.org/explore-topics/green-economy).

Yeh, Jong-Chao dan Chic-Hsiang Liao. 2017. Impact of Population and Economics Growth on Carbon Emissions in Taiwan using an analytic tool STIRPA. *Sustainable Environmental Research Journal*.

Zulfa, Vania dkk. 2016. Isu-isu Krisis Lingkungan dan Perspektif Global. *Jurnal Green Growth dan Manajemen Lingkungan*. Vol. 5. No. 1. Hal. 29-40.