

**POLA DINAMIS KETERKAITAN DEGRADASI LINGKUNGAN DAN
PEMBANGUNAN EKONOMI DI ASEAN 5**

DISERTASI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Doktor**



Oleh:

**ADHY SATYA PRATAMA
127020106111008**

**PROGRAM DOKTOR ILMU EKONOMI
PASCASARJANA FAKULTAS EKONOMI & BISNIS
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
M A L A N G
2021**



DISERTASI

POLA DINAMIS KETERKAITAN DEGRADASI LINGKUNGAN DAN PEMBANGUNAN EKONOMI DI ASEAN 5

Oleh :

ADHY SATYA PRATAMA
127020106111008

Dipertahankan didepan penguji dan
dinyatakan memenuhi syarat kelulusan
Pada tanggal : **14 Januari 2021**

Komisi Promotor,



Prof. Dr. M. Pudjihardjo, SE., MS.
Promotor



Dr. Asfi Manzilati, SE., ME.
Ko – Promotor 1



Prof. Devanto Shasta Pratomo, SE., M.Si., Ph.D.
Ko – Promotor 2

Mengetahui,

a/n. Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis
Universitas Brawijaya
Ketua Program Doktor Ilmu Ekonomi



Dr. Asfi Manzilati, SE., ME.
NIP. 19680911 199103 2 003

LEMBAR IDENTITAS PROMOTOR DAN PENGUJI

Judul : POLA DINAMIS KETERKAITAN DEGRADASI LINGKUNGAN DAN PEMBANGUNAN EKONOMI DI ASEAN 5

Nama Mahasiswa : ADHY SATYA PRATAMA

Program Studi : ILMU EKONOMI

KOMISI PROMOTOR

Promotor : Prof.Dr. M. Pudjihardjo , SE., MS.

Promotor 1 : Dr. Asfi Manzilati, SE., ME.

Promotor 2 : Prof. Devanto Shasta Pratomo , SE., M.Si., Ph.D.

TIM PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Prof. Dr. Agus Suman , SE., DEA.

Dosen Penguji 2 : Marlina Ekawaty , M.Si., Ph.D.

Dosen Penguji 3 : Dr. Multifiah , MS.

Dosen Penguji Luar : Prof. Dr. Anwar Sanusi, SE., M.Si

Tanggal Yudisium : 14 Januari 2021

a.n. Dekan

Ketua Program Studi Doktor Ilmu Ekonomi



Dr. Asfi Manzilati, SE., ME.

NIP. 19680911 199103 2 003

PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, didalam naskah DISERTASI dengan judul:

**"POLA DINAMIS KETERKAITAN DEGRADASI LINGKUNGAN
DAN PEMBANGUNAN EKONOMI DI ASEAN 5"**

Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah DISERTASI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia DISERTASI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (DOKTOR) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. (UU NO. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 14 Januari 2021

Mahasiswa,



NAMA : ADHY SATYA PRATAMA
NIM : 127020106111008
PS : DOKTOR ILMU EKONOMI
PPS FEB UB

ABSTRAK

Adhy Satya Pratama, Pascasarjana Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Brawijaya, 11 January 2021. **POLA DINAMIS KETERKAITAN DEGRADASI LINGKUNGAN DAN PEMBANGUNAN EKONOMI DI ASEAN 5.** Promotor: M. Pudjihardjo. KO-Promotor: Asfi Manzilati dan Devanto Shasta Pratomo

Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan membuktikan secara empiris: pola dinamis keterkaitan antara emisi CO₂ dengan pertumbuhan ekonomi, industrialisasi, jumlah penduduk perkotaan, dan energi terbarukan dalam jangka panjang dan jangka pendek di negara ASEAN 5 dan untuk menguji eksistensi pola *Environmental Kuznets Curve* (EKC) di negara ASEAN 5. Data yang digunakan bersumber dari data sekunder dalam bentuk data panel yang terdiri dari *time series* 2007-2016 untuk lima anggota negara ASEAN yaitu Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina dan Singapura. Metode analisis data tujuan penelitian pertama menggunakan *Vector Error Correction Model* (VECM) dan tujuan kedua menggunakan analisis deskriptif.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa: (1) Dalam jangka panjang jumlah penduduk perkotaan dan konsumsi energi terbarukan signifikan mempengaruhi emisi CO₂ di kawasan ASEAN 5. Sedangkan industrialisasi dan pertumbuhan ekonomi tidak signifikan memengaruhi emisi CO₂. Sementara dalam jangka pendek menunjukkan industrialisasi dan konsumsi energi terbarukan signifikan memengaruhi emisi CO₂ di kawasan ASEAN 5. Sedangkan variabel jumlah penduduk perkotaan dan pertumbuhan GDP tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap emisi CO₂ di kawasan ASEAN 5. (2) Eksistensi hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) di Indonesia, Thailand dan Philipina, Malaysia, dan Singapura menunjukkan indikasi pola EKC *Inverted-U* dengan *turning point* yang berbeda-beda. Indonesia adalah negara dengan jumlah emisii CO₂ terbesar dengan pola EKC yakni *M-shape*. Thailand memiliki pola EKC yang sama dengan Indonesia namun dengan emisi CO₂ yang sedikit lebih rendah karena tingkat pertumbuhan ekonomi yang juga lebih rendah. Malaysia, Filipina dan Singapura memiliki pola EKC dengan *turning point* yang lebih banyak. Singapura memiliki emisi CO₂ paling kecil dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang tertinggi.

Kata Kunci : Degradasi lingkungan, Pertumbuhan ekonomi, Industrialisasi, Jumlah penduduk perkotaan, Energi terbarukan.

ABSTRACT

Adhy Satya Pratama. Doctoral Program in Economics, Faculty of Economics and Business, Universitas Brawijaya. 2021. **The Dynamic Pattern of the Linkage between Environmental Degradation and Economic Development in ASEAN-5.** Promoter: M. Pudjihardjo, Co-Promoters: Asfi Manzilati and Devanto Shasta Pratomo.

The objective of this study is to empirically assess and prove the dynamic pattern of the linkage between CO₂ emission and economic growth, industrialization, urban area population, and long and short-term renewable energy in ASEAN-5 countries and to assess the existence of Environmental Kuznets Curve (EKC) in those countries. This research uses secondary data; they are 2007-2016 time series data concerning five ASEAN countries: Indonesia, Malaysia, Thailand, the Philippines, and Singapore. Vector Error Correction Model (VECM) was used to achieve the first objective, and descriptive analysis was employed for the second.

This study finds that, first, in the long term the number of populations in urban areas and renewable energy consumption significantly influence CO₂ emission in ASEAN-5 countries. Furthermore, industrialization and economic growth do not significantly affect the emission. In the short term, industrialization and renewable energy consumption affect the CO₂ emission in the countries, while population in urban areas and GDP growth do not significantly influence the emission in the said countries. The second finding is that the patterns of Environmental Kuznets Curve (EKC) in Indonesia, Thailand, the Philippines, Malaysia, and Singapore are Inverted U with different turning points. Indonesia is the country with the highest CO₂ emission with M-shape EKC, similar with Thailand but with lower emission due to its lower economic growth. In addition, Malaysia, the Philippines, and Singapore has more turning points in their EKC, and Singapore has the lowest CO₂ emission with the highest economic growth.

Keywords: environmental degradation, economic growth, industrialization, urban area population, renewable energy

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI DESERTASI.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS DESERTASI.....	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan masalah.....	13
1.3. Tujuan Penelitian.....	14
1.4. Manfaat penelitian.....	15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	16
2.1. Kajian Teoritis.....	16
2.1.1. <i>Sustainable Develeopment (SD)</i>	16
2.1.2. <i>Environmental Kuznets Curve (EKC)</i>	23
2.1.3. <i>Energi Terbarukan (Renewable Energi)</i>	29
2.1.4. <i>Greenhouse Gasses (GHG)</i>	34
2.2. Penelitian Terdahulu.....	38
BAB III KERANGKA KONSEPTIUAL Dan HIPOTESIS PENELITIAN.....	53
3.1. Kerangka Konseptual Penelitian.....	53
3.2. Hipotesis.....	56
BAB IV METODE PENELITIAN.....	57
4.1. Jenis dan Sumber Data.....	57
4.2. Spesifikasi Model Penelitian.....	57
4.3. Metode Analisis Data.....	59
4.3.1. <i>Vector Error Correction Model (VECM)</i>	59
4.4. Definisi Variabel Operasional.....	62
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	64
5.1. Intensitas <i>Greenhouse Gases</i> dan <i>Renewable Energi</i> di ASEAN 5.....	64
5.2. Determinasi Hubungan Degradasi Lingkungan Hidup dan Pertumbuhan Ekonomi.....	80
5.2.1. Uji Stasioneritas dan Kointegrasi.....	80
5.2.2. Estimasi Jangka Panjang dan Jangka Pendek Keterkaitan.....	

Degradasi Lingkungan dan Pertumbuhan Ekonomi.....	80
5.2.3. Pola Keterkaitan Degradasi Lingkungan dan Pertumbuhan Ekonomi.....	91
5.2.4. Turning Point Pola Environment Kutznets Curve (EKC) di ASEAN 5.....	107
5.3. Keterbatasan Penelitian.....	111
5.4. Keterbaruan Penelitian.....	112
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	113
6.1. Kesimpulan.....	113
6.2. Rekomendasi.....	114
DAFTAR PUSTAKA.....	115
LAMPIRAN.....	124



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	47
Tabel 4.1 Definisi Operasional Variabel.....	63
Tabel 5.1 Uji Stasioneritas Data.....	81
Tabel 5.2 Hasil Uji Kointegrasi Johansen.....	82
Tabel 5.3 Estimasi Hasil Jangka Panjang Panel VECM di ASEAN 5.....	83
Tabel 5.4 Estimasi Hasil Jangka Pendek Panel VECM di ASEAN 5.....	88



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perkembangan Pertumbuhan GDP dan Emisi Karbon (CO ₂) di ASEAN 5.....	4
Gambar 1.2. Perkembangan Energi terbarukan di ASEAN 5.....	11
Gambar 2.1 <i>Environmental Kuznets Curve</i> (EKC).....	25
Gambar 3.1 Kerangka Konseptual Penelitian.....	55
Gambar 5.1 Jumlah <i>Green House Gasses</i> (GHG) ASEAN 5.....	65
Gambar 5.2 Perkembangan Konsumsi Energi Terbarukan di ASEAN 5.....	76
Gambar 5.3 Respon Emisi CO ₂ terhadap variabel lain.....	92
Gambar 5.4 Respon Industri terhadap variabel lain.....	93
Gambar 5.5 Respon Jumlah penduduk perkotaan terhadap variabel lain.....	94
Gambar 5.6 Respon Konsumsi Energi terbarukan terhadap variabel lain.....	96
Gambar 5.7 Respon Pertumbuhan GDP terhadap Variabel lain.....	97
Gambar 5.8 <i>Turning Point</i> dari <i>Environmental Kuznets Curve</i> (EKC) di ASEAN 5.....	107



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Uji Stasioneritas Data (unit Root Test)	124
Lampiran 2 Impulse Respon Function	136
Lampiran 3 Hasil Estimasi VECM	137



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dinamika perekonomian global yang semakin masif dan kompleks memberikan implikasi penting terhadap perubahan pola pembangunan ekonomi di tiap negara. Gelombang globalisasi dan percepatan teknologi menuntut tiap negara untuk adaptif dan responsif pada setiap perubahan untuk mencapai kinerja pembangunan. Kondisi ini memberikan dampak pada munculnya eksternalitas baik positif maupun negatif. Eksternalitas positif adalah peningkatan pertumbuhan secara numerik akibat peningkatan teknologi, sedangkan eksternalitas negatif adalah dampak berbagai aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat seperti industrialisasi, urbanisasi, aktivitas transportasi yang kurang ramah lingkungan, eksploitasi sumber daya alam yang berimplikasi pada degradasi lingkungan.

Salah satu bentuk degradasi lingkungan akibat peningkatan aktifitas pembangunan adalah peningkatan emisi karbondioksida atau disebut *Greenhouse Gas Emission* (GHG). Emisi GHG merupakan suatu bentuk dampak degradasi lingkungan yang memengaruhi kadar dan kondisi atmosfer yang dapat meningkatkan pemanasan global dan perubahan iklim. Emisi GHG mengakibatkan radiasi matahari yang menembus langsung ke atmosfer dalam bentuk cahaya ultraviolet (UV), *infrared* dan berbagai radiasi lainnya yang berdampak pada perubahan iklim yang ekstrim. Kondisi ini disebabkan adanya peningkatan karbondioksida (CO₂) dari pembakaran bahan bakar fosil seperti untuk transportasi, batu bara, minyak dan gas bumi dan

eksploitasi hutan. Berdasarkan *World Meteorological Organization* (2015), emisi GHG memicu dampak signifikan pada keberlanjutan bumi, terlebih pada wilayah Asia Tenggara yang diprediksi dalam kurun waktu 30-50 tahun akan menghadapi dampak signifikan akibat pemanasan global. Kondisi ini pada akhirnya akan berdampak pada aktivitas keberlanjutan pembangunan suatu negara dan memengaruhi kinerja perekonomian dari berbagai aspek. Tercatat pada tahun 2014, jumlah karbondioksida (CO₂) mencapai 397,7 ppm¹, metana (CH₄) sebesar 1883 ppb² dan nitrous sebesar 325,9 ppb yang berada di atmosfer.

Isu pemanasan global dan perubahan iklim akibat emisi GHG telah menjadi diskusi dan agenda global dalam pembangunan ekonomi berkelanjutan. Konsep SDG's (*Sustainable Development Goal's*) telah disahkan sebagai agenda pembangunan global yang mencakup 17 tujuan (Navarrete et al, 2020), diantaranya adalah permasalahan lingkungan. Permasalahan lingkungan terkait dengan keberlanjutan kehidupan di bumi dan menjadi masalah kritis bagi kemanusiaan. SDG's menjadi prioritas pembangunan yang kompleks dari seluruh lini kehidupan yang saling berhubungan. Salah satu *grand goal's* SDG's adalah melindungi bumi dari degradasi lingkungan, mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan dan kebijakan terkait perubahan iklim sehingga dapat mendukung tetap terjaga eksistensinya bumi untuk pemenuhan kebutuhan generasi yang akan datang (Navarrete et al. 2020).

Berbagai studi mengenai degradasi lingkungan telah banyak dilakukan di berbagai negara sebagai salah satu solusi dalam merumuskan kebijakan yang tepat dalam menangani masalah lingkungan. Pada awal tahun 1990-an telah banyak studi

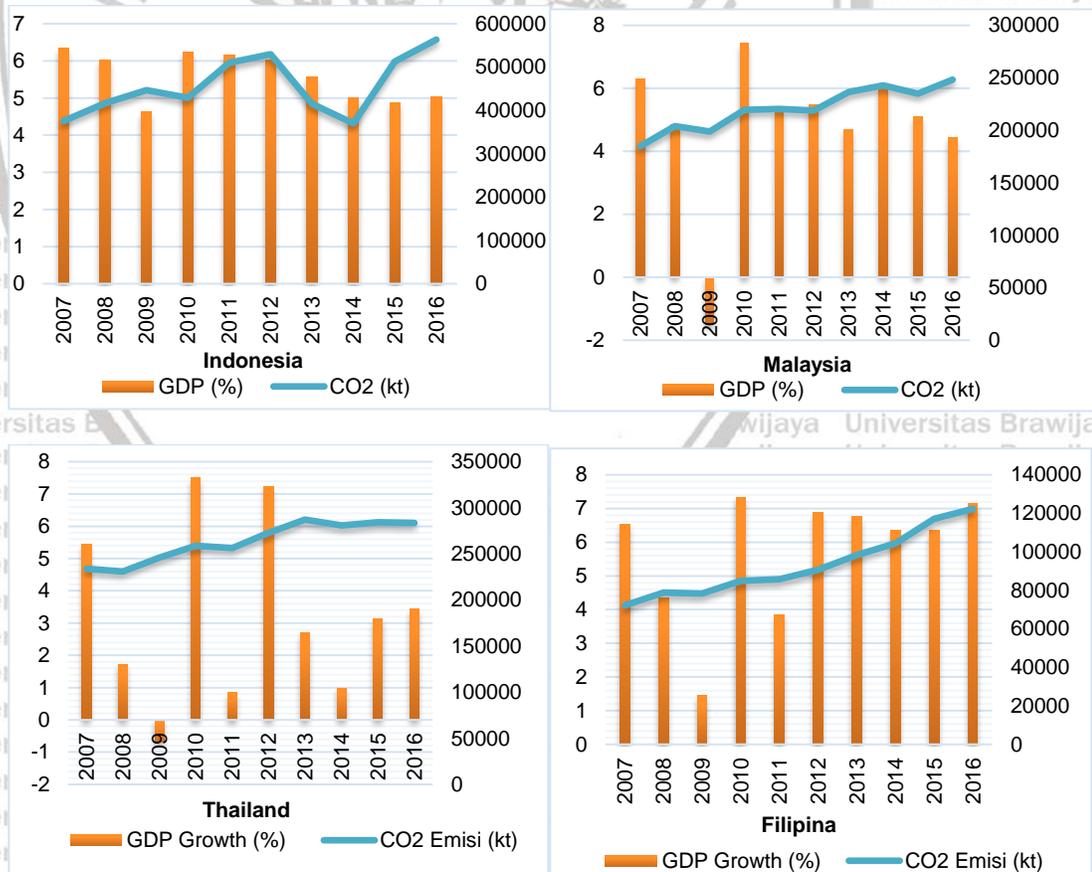
empiris yang menguji validitas hipotesis kurva U terbalik (*inverted U*) dengan indikator kualitas lingkungan dan pendapatan. Kuznets (1995) dalam studinya melakukan estimasi perubahan hubungan antara pendapatan perkapita dan kualitas lingkungan yang bergerak mengikuti kurva U terbalik. Pola hubungan antara pendapatan per kapita sebagai cerminan pertumbuhan ekonomi serta kualitas lingkungan yang mencerminkan degradasi lingkungan dikenal dengan EKC (*Environmental Kuznets Curve*) yang kemudian banyak dijadikan sebagai referensi dalam analisis lingkungan dan ekonomi. EKC menjelaskan bahwa pertumbuhan ekonomi suatu negara mendorong peningkatan konsentrasi emisi polusi gas dan akan mengalami titik balik setelah titik optimal dimana meningkatnya pembangunan akan menurunkan degradasi lingkungan.

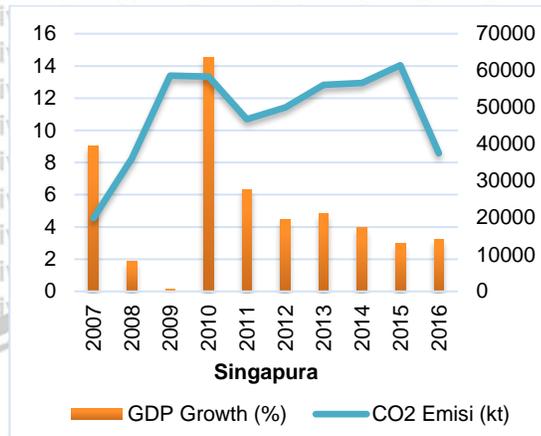
Berbagai fenomena korelasi antara degradasi lingkungan dan pembangunan ekonomi sebagaimana kurva EKC terjadi di beberapa negara termasuk negara-negara di ASEAN dan menjadi urgensi penting dalam konteks pembangunan ekonomi berkelanjutan. Gambar 1.1 menunjukkan korelasi pertumbuhan ekonomi (GDP) dan intensitas emisi CO₂ di beberapa negara ASEAN yakni Indonesia, Singapura, Malaysia, Filipina dan Thailand. Indonesia menjadi negara dengan korelasi pertumbuhan GDP dan emisi CO₂ yang cenderung fluktuatif. Selama kurun waktu 2007-2016, peningkatan yang cukup signifikan terjadi pada tahun 2010 sebelum menurun di tahun 2013 kemudian bergerak melambat pada 2014-2016 akibat berbagai faktor eksternal maupun internal. Sementara emisi CO₂ cenderung berkembang lebih cepat dan meningkat hingga tahun 2016 mencapai 563324.54 kt.

Di Malaysia, pertumbuhan GDP mengalami tren yang sangat ekstrim menurun di

tahun 2009 hingga angka negatif -1,51%. Selain itu, negara dengan pertumbuhan GDP negatif juga dialami oleh Thailand pada tahun 2009 hingga mencapai angka -0,69%. Di Filipina dan Singapura hanya menunjukkan tren penurunan namun masih dalam angka positif yaitu masing-masing 1,44% dan 0,11% pada tahun 2009. Kondisi ini dilatar belakangi akibat krisis perekonomian global yang memberikan dampak besar terhadap pertumbuhan output domestik suatu negara akibat rendahnya daya beli dan permintaan masyarakat.

Gambar 1.1
Perkembangan Pertumbuhan GDP dan Emisi Karbon (CO2) di ASEAN 5





Sumber: Worldbank, 2020

Sementara dari sisi emisi CO2 menunjukkan kecenderungan yang meningkat untuk Indonesia, Malaysia, Thailand dan Filipina. Berdasarkan publikasi ata terakhir Worldbank terkait emisi CO2 yang telah dirilis. Di Malaysia, emisi CO2 mengalami peningkatan yang cenderung signifikan hingga mencapai 248288.903 kt pada tahun 2016. Di Thailand juga menunjukkan kecenderungan pada peningkatan dari tahun 2007 mencapai 234027.94 kt yang terus menunjukkan penngkatan hingga tahun 2016 mencapai angka 283763.461 kt. Sama halnya dengan Indonesia, Malaysia dan Thailand, di Filipina juga mengalami peningkatan degradasi lingkungan yang ditunjukkan dengan peningkatan angka pada emisi CO2 dari tahun ke tahun. Di tahun 2007, emisi CO2 mencapai 72170.227 kt dan terus menunjukkan peningkatan hingga tahun 2016 mencapai 122287.116 kt.

Berbeda dengan empat negara lainnya di ASEAN, Singapura cenderung lebih dapat menekan peningkatan degradasi lingkungan meskipun berada pada level yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan negara lain. Namun pemerintah Singapura sudah menunjukkan kinerja baik dalam menurunkan kadar emisi CO2 tersebut. Kondisi ini ditunjukkan pada tahun 2007 dengan kadar emisi CO2 sebesar

19926.478 kt dan meningkat hingga 2015 dengan angka tertingginya mencapai 61451.586 kt, namun dapat menurun di tahun 2016 mencapai 37535.412kt. Permasalahan ini menjadi sangat penting untuk diperhatikan, karena degradasi lingkungan ini akan mengancam keberadaan manusia dan aktivitas manusia dalam pemenuhan kebutuhan terlebih untuk generasi dimasa yang akan datang.

Studi Kumar (2011) menunjukkan bahwa eksistensi dari hipotesis EKC tidak valid dalam kasus konsumsi energi, modal dan penduduk terhadap pertumbuhan ekonomi. Sementara itu studi Lawson, Martino, & Nguyen-van (2020) mengkolaborasikan literature empiris tentang *Environmental Convergence* (EC) dengan EKC. Hasil analisisnya tidak mendukung adanya hipotesis EKC antara emisi CO2 dan GDP per kapita. Sedangkan studi Benavides et al (2017) mengintegrasikan variabel keterbukaan perdagangan yang menunjukkan dalam jangka panjang, pola EKC berbentuk U terbalik dan terjadi hubungan tidak langsung antara emisi metana dengan variabel lainnya. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa pentingnya kebijakan dalam perencanaan pembangunan untuk memitigas perubahan iklim dan pemanasan global.

Konsumsi energi dan emisi CO2 juga telah banyak berpengaruh pada perekonomian negara-negara didunia baik negara maju dan berkembang. Archeampong (2018) dengan data panel menemukan hasil bahwa di wilayah Sub Saharan Afrika, emisi karbon berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi dan berpengaruh negative pada tingkat global seperti Middle East and North Africa (MENA), Asia Pasific dan Carribean-Latin America. Hasil tersebut mengkonfirmasi bahwa hipotesis EKC terbukti di wilayah Sub Saharan Africa. Luzati et al (2018) menyelidiki hipotesis EKC dari dua aspek yang berbeda sebagai salah satu bentuk respon untuk

menemukan jalan tengah pada perdebatan pengujian hipotesis EKC yang selama ini terjadi. Hasil studi menunjukkan adanya globalisasi memberikan dampak pada perubahan yang terjadi pada pengujian hipotesis EKC dan terdapat penurunan elastisitas pada negara-negara berpenghasilan tinggi. Selain itu, resesi besar juga memberikan dampak yang cukup signifikan dalam penurunan struktural pada CO₂ di negara yang terkena dampak resesi tersebut. Di Jerman, kebijakan energi aktif dapat mengurangi konsumsi energi dan CO₂ tanpa merugikan perekonomian.

Meluasnya industrialisasi mengakibatkan dampak yang sangat signifikan bagi peningkatan konsumsi energi dan emisi CO₂ terlebih bagi negara dengan skala ekonomi yang lebih kompleks dan besar. Di ASEAN, seperti Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina dan Singapura telah mengalami pergeseran menuju industrialisasi beberapa dekade terakhir. Hal ini menjadi salah satu pemicu dalam peningkatan konsumsi energi dan emisi CO₂. Kompleksitas yang terjadi di sektor industrialisasi memainkan peranan besar dari teknologi yang mayoritas membutuhkan asupan energi untuk beroperasi seperti mesin produksi, alat transportasi dan sebagainya.

Ancaman keberlanjutan semakin meningkat seiring dengan perubahan iklim global yang semakin meningkat sehingga hal ini menjadi urgensi bagi perekonomian untuk melakukan tindakan transisi dan serangkaian aksi kebijakan untuk memitigasi hal tersebut. Seperti industrialisasi di China yang saat ini semakin besar juga memberikan ancaman pada keberlanjutan lingkungan. Studi empiris dari Chen et al (2020) mengkonfirmasi bahwa meningkatnya tren pemanasan global memberikan peringatan besar bagi pemerintah China dalam menghadapi tekanan yang luar biasa untuk mengurangi emisi CO₂. Terbukti di wilayah China dengan skala ekonomi yang tinggi

didominasi oleh industri dan pertambangan cenderung lebih besar dalam mengkonsumsi energi serta emisi CO₂.

Akselerasi pertumbuhan ekonomi di negara berkembang telah memberikan dampak yang besar pada degradasi lingkungan (Hanif dan Gago-de-Santos, 2016).

Beberapa kajian mencakup hubungan keterkaitan antara emisi karbon dengan pertumbuhan ekonomi. Studi dari Shikwambana, et al (2021) mencoba menganalisis hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan tingkat emisi karbon CO₂, di Afrika Selatan. Hasilnya ditemukan bahwa pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon memiliki korelasi sehingga perlu adanya system regulasi yang tepat untuk mengurangi emisi namun juga dapat mempertahankan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Disebagian besar negara baik negara maju maupun negara berkembang, kebijakan ini perlu menjadi perhatian sehingga dapat diaplikasikan dengan tepat tanpa mengorbankan antara pertumbuhan ekonomi maupun peningkatan emisi karbon yang akan berdampak penurunan kondisi lingkungan.

Selain pertumbuhan ekonomi, variabel lain yang perlu diperhatikan dalam menganalisis pengaruhnya terhadap degradasi lingkungan akibat emisi karbon adalah adanya penambahan penduduk. Fenomena ini terjadi ketika terjadi penambahan jumlah penduduk terlebih di daerah perkotaan yang disebabkan karena urbanisasi. Perpindahan penduduk ke kota ini akan meningkatkan aktivitas dan mobilitas penduduk di kota yang menggunakan media bahan bakar fosil dan sebagainya yang akan memicu peningkatan penggunaan energy. Urbanisasi, pertumbuhan dan keterbukaan perdagangan secara signifikan memiliki pengaruh terhadap emisi CO₂ (Anwar, et al, 2020). Peningkatan mobilitas penduduk menuju

kota, ini akan memicu peningkatan emisi karbon sebagai akibat dari konsumsi energy yang meningkat seperti penggunaan transportasi yang mayoritas tinggi terjadi diwilayah perkotaan.

Selain itu, penambahan jumlah penduduk perkotaan berdampak pada peningkatan aktivitas manusia juga menyebabkan kualitas lingkungan yang cenderung menurun. Sementara itu stabilitas makroekonomi dapat meminimalkan

kemungkinan dampak yang lebih merugikan terhadap pencemaran lingkungan. Wang

et al (2015) menganalisis secara lebih spesifik EKC dengan memasukkan model OLG

yang menggunakan penambahan penduduk dengan lingkungan. Hasil studi

menunjukkan bahwa pertumbuhan yang semakin meningkat akan mengakibatkan

bentuk EKC semakin curam dan memiliki puncak lebih tinggi namun tidak secara

fundamental mengubah hubungan degradasi lingkungan dan pendapatan. Sementara

itu, Alam et al (2016) mengkaji khusus pertumbuhan penduduk di negara dengan

jumlah penduduk perkotaan tinggi seperti Indonesia, India, China dan Brazil dengan

dampak lingkungan. Hasil studi menunjukkan bahwa emisi CO₂ meningkat seiring

dengan peningkatan pendapatan dan konsumsi energi di keempat negara tersebut.

Sedangkan pertumbuhan penduduk juga berdampak signifikan namun hanya untuk

India dan Brazil dan sementara itu di Indonesia dan China emisi CO₂ menurun seiring

dengan pendapatan meningkat. Di India, pendapatan dan emisi CO₂ memiliki

hubungan positif sehingga peningkatan pendapatan justru akan meningkatkan emisi

CO₂.

Sensivitas degradasi lingkungan juga dapat dilihat dari peranan energi

terbarukan dalam memitigasi resiko peningkatan emisi CO₂. Altintas dan Kassouri

(2020) menemukan bahwa penggunaan energi terbarukan dapat menjadi solusi tepat dalam memitigasi peningkatan konsumsi energi lain yang akhirnya akan memengaruhi peningkatan emisi CO₂. Sementara penggunaan energi tidak terbarukan dengan bahan bakar fosil akan meningkatkan degradasi lingkungan.

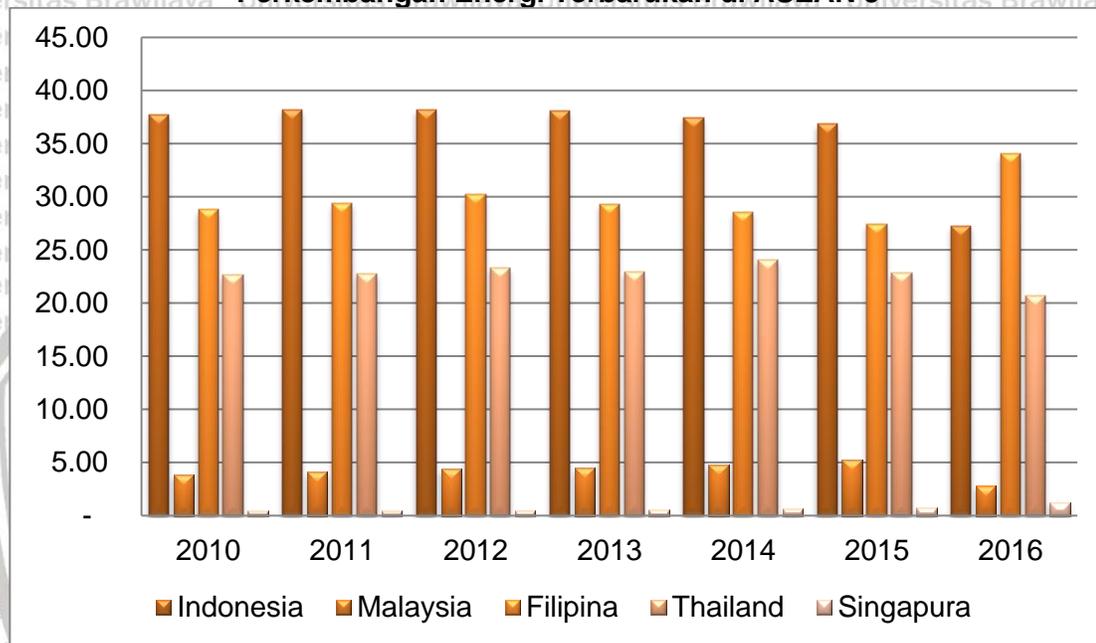
Sehingga dalam menganalisis penggunaan energi terhadap emisi CO₂ harus dilihat proksi dan sudut pandang yang berbeda untuk memunculkan hasil yang lebih relevan.

Konsumsi energi terbarukan memberikan aksentuasi positif dalam mengurangi emisi CO₂ sekaligus dapat memberikan solusi yang efektif. Namun hal ini belum berperan secara maksimal karena pasokan energi terbarukan masih cenderung terbatas. Studi empiris dari Bilan et al (2019) menemukan hasil bahwa terdapat hubungan korelasi antara energi terbarukan, emisi CO₂ dan GDP. Penggunaan energi terbarukan yang efektif dan efisien dapat mereduksi emisi CO₂. Kondisi ini mendorong pengembangan energi terbarukan yang dilakukan oleh beberapa negara sebagai upaya dalam mengurangi dampak antropogenik terhadap degradasi lingkungan.

Studi lain dari Osobajo et al (2020) mencoba mengeksplorasi pengaruh konsumsi energi terbarukan terhadap emisi CO₂. Hasilnya ditemukan bahwa konsumsi energi terbarukan memiliki hubungan searah dengan emisi CO₂ dalam jangka panjang. Konsumsi energi pada energi terbarukan akan membantu mendorong investasi skala besar untuk menciptakan energi bersih, yang diperlukan untuk mengurangi emisi CO₂ secara signifikan. Sementara itu, studi dari Twumasi, (2017) di Amerika Serikat menemukan hasil yang berbeda. Hasilnya menunjukkan bahwa tidak ada pola khusus antara energi terbarukan dan emisi CO₂; artinya

menghasilkan lebih banyak energi terbarukan tidak selalu diikuti dengan penurunan emisi CO2.

Gambar 1.2.
Perkembangan Energi Terbarukan di ASEAN 5



Sumber: Worldbank, 2021

Perkembangan energi terbarukan di Gamabr 1.2 menunjukkan bahwa Filipina menjadi negara dengan perkembangan yang stabil dan cenderung meningkat hingga di tahun 2016 hingga 34,06%. Kondisi serupa ditunjukkan oleh Singapura yang mengalami perkembangan energi terbarukan meskipun dengan angka yang relative sangat kecil jika dibandingkan dengan negara ASEAN lainnya. Namun perkembangannya cenderung meningkat dari tahun ke tahun untuk energi terbarukan hingga tahun 2016 mencapai 1,26%. Sementara untuk Indonesia, Malaysia dan Filipina cenderung mengalami penurunan dalam perkembangan energi terbarukan.

Tercatat hingga tahun 2016, Indonesia memiliki energi terbarukan sebesar 27,26%

lebih rendah dibandingkan tahun sebelumnya di tahun 2015 yaitu sebesar 36,88%. Di Malaysia juga mengalami penurunan energi terbarukan dari tahun 2015 sebesar 5,19% turun cukup besar menjadi 2,78% di tahun 2016. Hal serupa terjadi di Thailand bahwa energi terbarukan mengalami penurunan yang signifikan dari tahun 2015 sebesar 22,86% turun menjadi 20,71%. Ini mengindikasikan bahwa upaya dalam menciptakan energi terbarukan sebagai solusi dalam mereduksi emisi CO₂ belum dapat terealisasi secara stabil dan optimal.

Variabel keterbukaan ekonomi yang dicerminkan dari perdagangan internasional memegang peran penting dalam pengelolaan sumber daya secara efektif dan efisien terutama pada era globalisasi juga berkontribusi memengaruhi emisi CO₂. Perdagangan internasional yang cenderung mengarah pada sektor manufaktur mendorong terjadinya industrialisasi sehingga berdampak pada konsumsi energi dan peningkatan emisi CO₂. Dalam studi Jiang et al (2019) ditemukan hasil bahwa emisi CO₂ terbesar terdapat di China dan AS namun jika dilihat dari per kapita, CO₂ di AS lebih tinggi. Dalam pembuktian EKC, ditemukan bahwa di China dan AS kurva tidak berbentuk U terbalik, melainkan dalam bentuk N dan peran perdagangan tidak berkontribusi secara signifikan. Studi Lau et al (2014) menemukan hasil yang berbeda, bahwa EKC dengan kurva U terbalik tercipta dalam jangka pendek. Sementara dalam jangka panjang variabel FDI dan perdagangan dapat pergerakan kurva tersebut. Studi empiris Jebli et al (2016) menunjukkan hasil temuan bahwa emisi CO₂ tidak hanya dipengaruhi oleh GDP, namun juga konsumsi energi terbarukan dan tidak terbarukan serta perdagangan internasional. Studi Jebli et al (2016) mendukung adanya hubungan emisi CO₂ terhadap variabel perdagangan dan energi terbarukan.

Hal ini mengingat keterbukaan semakin meningkat di ASEAN sebagai salah satu pasar strategis global.

Keterbukaan global yang semakin terakselerasi dan bergerak cepat memberikan pengaruh yang signifikan dalam kondisi lingkungan. Aktivitas dan mobilitas yang tidak terbatas akan memengaruhi peningkatan degradasi lingkungan yang diakibatkan oleh peningkatan emisi CO₂. Untuk itu, pentingnya mengintegrasikan konsep SDG's dalam pembangunan ekonomi dan pembuktian hipotesis pada EKC di beberapa negara dengan aktivitas tinggi seperti Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina dan Singapura. Sehingga menjadi sangat penting dan relevan untuk menganalisis lebih dalam mengenai hubungan antara emisi CO₂ terhadap pertumbuhan ekonomi. Selain itu, juga diintegrasikan variabel perdagangan, penduduk dan energi terbarukan untuk melihat hubungannya dengan emisi CO₂ di negara ASEAN 5. Letak perbedaan penelitian ini dengan peneltian sebelumnya lebih menekankan pola hubungan jangka pendek dan jangka panjang pada permasalahan penelitian yaitu emisi CO₂, pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk perkotaan, dan penggunaan energi terbarukan di negara ASEAN 5.

1.2 Rumusan Masalah

Dinamika perekonomian global yang semakin masif memberikan implikasi terhadap peningkatan ekonomi yang diikuti oleh degradasi lingkungan yang semakin tidak terhindarkan. Kondisi ini memberikan konsekuensi logis bagi seluruh negara di dunia untuk berperan dalam menjaga keberlanjutan pembangunan sebagaimana amanat sasaran *Sustainable Development Goal's* (SDG's). Relevansi studi ini menjadi

sangat penting, khususnya bagi beberapa negara di ASEAN 5 yakni Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina dan Singapura dengan konsentrasi pembangunan yang semakin tinggi dan rentan pada munculnya eksternalitas lingkungan. Sehingga beberapa rumusan permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pola dinamis keterkaitan antara emisi CO₂ dengan pertumbuhan ekonomi, industri manufaktur, jumlah penduduk perkotaan, dan energi terbarukan dalam jangka panjang dan jangka pendek di negara ASEAN 5 yakni Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina dan Singapura?
2. Bagaimana eksistensi pola *Environmental Kuznets Curve* (EKC) di negara ASEAN 5 yakni Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina dan Singapura?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan dari rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan penelitian ini:

1. Untuk mengetahui dan menganalisis pola dinamis keterkaitan antara emisi CO₂ dengan pertumbuhan ekonomi, industri manufaktur, jumlah penduduk perkotaan, dan energi terbarukan dalam jangka panjang dan jangka pendek di negara ASEAN 5.
2. Untuk menguji eksistensi pola *Environmental Kuznets Curve* (EKC) di negara ASEAN 5.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Teoritis

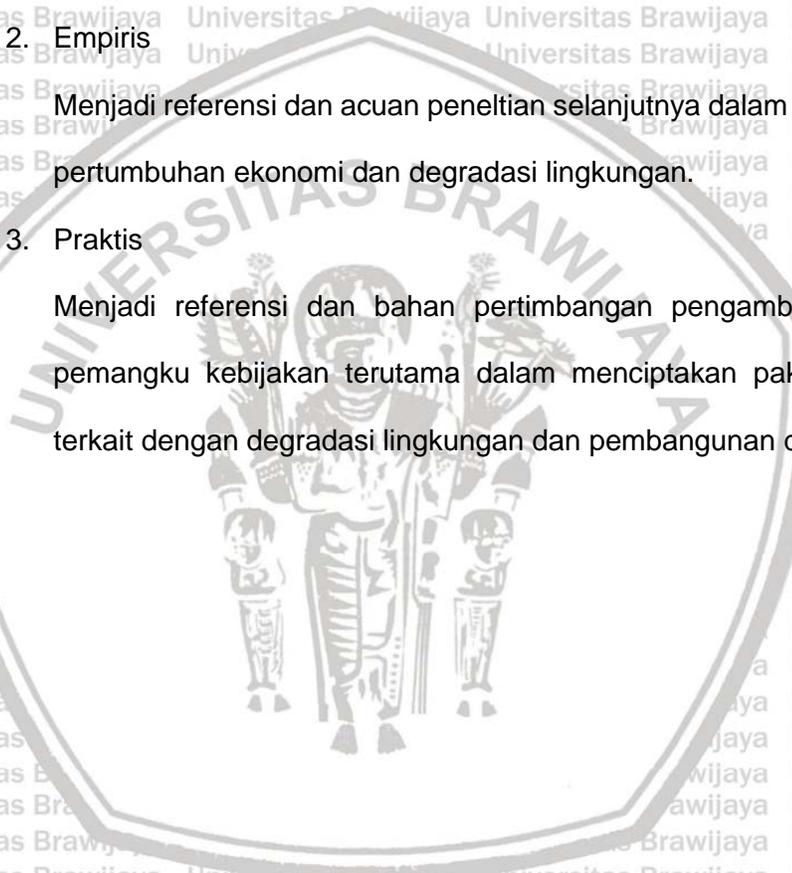
Menjadi referensi dalam teori ekonomi lingkungan dalam menguji pola hubungan EKC yang berbeda dalam indikator dan karakteristik tiap negara

2. Empiris

Menjadi referensi dan acuan penelitian selanjutnya dalam meneliti tema terkait pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan.

3. Praktis

Menjadi referensi dan bahan pertimbangan pengambilan kebijakan bagi pemangku kebijakan terutama dalam menciptakan paket solusi kebijakan terkait dengan degradasi lingkungan dan pembangunan di negara ASEAN.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teoritis

Dalam kajian teoritis ini akan membahas teori dan konsep-konsep mendasar yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini. Beberapa teori dan konsep terkait penelitian diantaranya *Sustainable Development (SD)*, *Environment Kuznet's Curve (EKC)* dan Energi terbarukan.

2.1.1. *Sustainable Development (SD)*

Sustainable Development telah menjadi paradigma pembangunan global yang didasarkan pada pembangunan lingkungan (Mensah, 2019). Pembangunan berkelanjutan ini menjadi sebuah konsep yang mulai diterima oleh global dan dilaksanakan untuk waktu yang lama. Tujuan keseluruhan dari pembangunan berkelanjutan (SD) adalah stabilitas ekonomi dan lingkungan jangka panjang yang dapat dicapai melalui integrasi dan pengakuan masalah ekonomi, lingkungan, dan sosial selama proses pengambilan keputusan (Emas, 2015). Pembangunan berkelanjutan secara tradisional didefinisikan sebagai pembanguan yang bertujuan memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengorbankan ketersediaan dan kemampuan kebutuhan untuk generasi dimasa yang akan datang (Jaramillo-nieves dan Río, 2010).

Konsep pembangunan berkelanjutan bermula dari suatu konferensi dunia yaitu *World Conference Environmental and Development (WCED)* melalui laporan komisi Brundtland yang menyatakan bahwa pembangunan berkelanjutan merupakan

pengembangan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengurangi kebutuhan untuk generasi yang akan datang (WCED, 1987). Selanjutnya, setelah tiga dekade, konsep ini diformalkan dan menjadi suatu agenda besar dunia (Holden et al. 2014).

Pada tahun 2015 kuartal ke 4 tepatnya 25 september, agenda ini telah diluncurkan secara formal oleh PBB (Perserikatan Bangsa-Bangsa) sebagai rencana dan agenda baru global yang terdiri dari 17 inti tujuan agenda SDG's (Navarrete et al, 2020).

Diantara tujuan tersebut, sekitar 169 target didistribusikan pada bidang-bidang kritis yang menjadi prioritas bagi kemanusiaan dan planet. Adapaun sebanyak 230 indikator dengan tujuan menyeluruh untuk memastikan bahwa tidak ada yang tertinggal dalam mengatasi permasalahan-permasalahan pembangunan di tahun 2030. SDG's ini menjadi suatu prioritas pembangunan yang kompleks dari seluruh lini kehidupan yang saling berhubungan. Salah satu grand goal's SDG's ini untuk melindungi bumi dari degradasi lingkungan termasuk melalui sisi konsumsi dan produksi yang berkelanjutan, mengelolan sumber daya alam secara berkelanjutan dan mengambil tindakan yang bijaksana untuk perubahan iklim dan sebagainya sehingga dapat mendukung tetap terjaga eksistensinya bumi ini untuk pemenuhan kebutuhan generasi yang akan datang (Navarettte et al. 2020).

Tujuan SDG's sejak tahun 2015 telah menjadi suatu kerangka kerja normatif penggerak pembangunan global. Komunitas pembangunan internasional telah mengambil berbagai tindakan komprehensif guna memobilisasi sumber daya alam sebagai upaya mengoperasionalkan tujuan SDG's (Kumi et al, 2019). Dalam upaya mencapai tujuan SDG's ini, diperlukan suatu kerjasama seluruh stakeholder dan lapisan masyarakat dunia baik masyarakat secara umum, para ilmuwan, praktisi,

akademisi serta policy maker untuk mengeksekusi tujuan tersebut. Sebuah prinsip yang mendasari konsep SD adalah suatu pengakuan akan saling ketergantungan seluruh penghuni bumi baik secara sosial, ekonomi dan lingkungan dalam dimensi pembangunan berkelanjutan (PBB, 2015). Prinsip tersebut yang menumbuhkan kepedulian semakin tinggi terhadap kondisi dan kualitas bumi sebagai planet yang harus dijaga keberlanjutannya.

Dalam mendesain tindakan untuk SD diperlukan suatu kerja sama dan diskusi yang melibatkan policy maker dari lingkup regional, nasional, internasional serta sektor swasta dan masyarakat karena permasalahan SD merupakan suatu masalah yang kompleks dan terintegrasi (Kumi et al, 2019). Hal ini bertujuan agar seluruh permasalahan dapat teridentifikasi dengan baik sehingga tindakan yang dilakukan juga sesuai dengan permasalahan. Pelaku yang paling utama dalam mendukung SD adalah sektor swasta. Hal ini lantaran sektor swasta menjadi kontributor hasil dari sumber daya keuangan dan inovasi dalam aliran produksi hingga konsumsi. Selain itu, sektor swasta juga berperan penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan serta melindungi bumi dari aktivitasnya namun juga berperan dalam menghilangkan kemiskinan melalui kolaborasi dengan pemerintah publik melalui kerjasama yang strategis (UN Global Compact, 2014). Agenda SDG's menciptakan peluang unik untuk sektor swasta dengan menyediakan: a) kerangka kerja dengan menunjukkan hasil yang didukung oleh pemerintah, masyarakat sipil dan bisnis; b) bahasa umum tentang masalah sosial-ekonomi dan lingkungan dengan potensi untuk meningkatkan komunikasi, kolaborasi dan koordinasi; serta arahan untuk inovasi dan investasi masa depan (CISL, 2017; Kumi et al, 2019).

Konsep SD yang menjadi agenda dan rencana aksi global untuk mencapai pembangunan berkelanjutan membutuhkan komitmen yang besar dan jelas terkait pengoperasian menuju realisasi tujuan. Selain itu, pencapaian SD harus didukung oleh seluruh stakeholder dunia sehingga dalam aplikasinya dapat terealisasi sesuai tujuan (Kyn et al, 2020). Sebagai langkah dalam mencapai SD, terdapat enam transformasi yang bertujuan untuk membantu mengidentifikasi investasi prioritas dan tantangan regulasi, serta menyerukan semua tindakan policy maker untuk bekerjasama demi mencapai tujuan. Salah satu transformasi ini memerlukan dekarbonisasi energi dan industri berkelanjutan untuk tujuan mempromosikan perubahan konsumsi dan pola produksi sehingga dapat menjaga kualitas lingkungan. Hal ini menjadi sangat penting terkait dengan perubahan struktur ekonomi melalui sektor industri manufaktur yang memainkan peran inti dalam proses ini. Industri menjadi penggerak perekonomian karena kapasitasnya dalam menciptakan peluang kerja dan menghasilkan pendapatan, namun harus diiringi dengan sikap toleransi dengan sumber daya alam dan perubahan iklim yang menjadi bagian dari dampak aktivitas industri.

Dari perspektif kemajuan teknologi dan inovasi memiliki peranan penting untuk mencapai pembangunan berkelanjutan terlebih dalam proses produksi. Industri dengan teknologi tinggi bisa lebih ramah lingkungan dengan tingkat pencemaran yang relatif lebih rendah melalui integrasi konsep keberlanjutan. Misalkan pada industri daur ulang yang melakukan aktivitas terhadap barang bekas yang berpotensi mencemari lingkungan sehingga dapat dioleh kembali menjadi barang yang memiliki nilai guna lebih tinggi dan bermanfaat (UNIDO, 2016; Sandin dan Peters, 2018). Pentingnya

peningkatan penelitian dan pengembangan investasi teknologi energi hijau untuk mengurangi intensitas penggunaan energi (Chakraborty dan Mazzanti, 2020). Pengembangan ini untuk menyediakan alat bagi peneliti dan pembuat kebijakan untuk mengevaluasi kinerja negara berdasarkan pada seberapa sukses ekonomi industri sambil mempertahankan lingkungan dengan tetap bersamaan mempromosikan inklusivitas produksi industri (Kynčlová et al. 2020). Selain itu, pengembangan ini juga dapat membangun komposit indikator sebagai solusi terbaik *benchmarking* yang menganalisis kinerja negara dalam pembangunan. Hal ini juga membantu negara dalam melacak kemajuan kinerja dalam mengimplementasikan SD (Sachs et al. 2019). Solusi intuitif untuk membangun ukuran komposit indikator dalam memantau kemajuan negara-negara menuju indikator pembangunan yang berkelanjutan. Kerangka kerja indikator global mencakup indikator yang mencakup tiga dimensi dengan demikian ukuran komposit dapat dimasukkan. Indeks ini disebut indeks SDG-9 dan mengeksplorasi tingkat dan pola pertumbuhan kegiatan pada sektor manufaktur dan dampaknya terhadap proses produksi, pekerja dan lingkungan (Kynčlová et al. 2020).

SDG's mencerminkan tujuan pembangunan yang ambisius dengan visi transformatif disertai dukungan oleh masing-masing dari 193 negara anggota PBB. Sehingga SD memberi peluang sekaligus tantangan besar untuk negara-negara berkembang diseluruh dunia (Bhattacharya et al. 2016). SD juga mencerminkan konsensus global tentang masa depan yang diinginkan untuk tujuan jangka panjang. Perekonomian global yang mengalami pemulihan, munculnya krisis baru baik sosial dan ekonomi yang cenderung mendikte banyak kebijakan pembangunan. Kondisi ini

menjadi sulit bagi negara berkembang untuk melakukan implementasi secara baik pada sasaran SDG's. Berdasarkan studi Bhattacharya et al, (2016) disajikan serangkaian rekomendasi yang dapat dilakukan untuk mewujudkan implementasi SDG's di negara berkembang. Hasil temuannya menunjukkan bahwa implementasi di tingkat nasional sangat bergantung pada ketepatan integrasi dari agenda global. Hal ini terjadi karena terdapa angka pembangunan nasional dan sektoral yang ada pada masing-masing negara sehingga integrasi SDG dapat tercapai dengan membandingkan pembangunan nasional yang telah direncanakan dan mengidentifikasi sekaligus mengurangi kesenjangan yang muncul. Seluruh pemerintah harus berkoordinasi tindakan untuk mengimplementasikan agenda komprehensif untuk SDG. Koordinasi kepemimpinan daerah dan pusat sangat penting sebagai bentuk komunikasi untuk memastikan partisipasi yang tepat dari semua pemangku kepentingan. Semua indikator SDG hrus diidentifikasi dari tingkat negara hingga global dan diperlukan estimasi pada target.

Keberhasilan implementasi dari sasaran, target dan indikator SDG memerlukan peranan publik salah satunya penyediaan barang publik yang dapat terjadi melalui kebijakan sektor publik sehingga perlu adanya koordinasi yang jelas. Inobasi dan pola pikir yang berorientasi ke masa depan harus menjadi prioritas sehingga diperlukan dukungan dan motivasi yang kuat penyediaan layanan publik (Winnie, 2015). Penyediaan layanan publik ini diperlukan suatu keterampilan yang bertujuan antara lain:

1. Memprioritaskan target dan indikator, mengidentifikasi dan melakukan kebutuhan sumber daya keuangan yang memadai untuk kebutuhan politik sehingga

kekuasaan pemimpin dalam politik dapat mendorong visi pembangunan karena implementasi SDG's membutuhkan faktor kepentingan pribadi dan hubungan kekuasaan.

2. Menafsirkan dan mengontekstualisasikan target secara jelas
3. Mengatasi permasalahan yang bertentangan dengan target, sebab keberhasilan implementasi dari SDG's membutuhkan pendekatan yang kompleks pada seluruh jajaran pelaku.
4. Mengatasi korupsi, perburuan rente dan kegagalan sektor publik dan swasta lainnya karena dalam implementasi target SDG's diperlukan peranan dari segala lini.
5. Mempromosikan legitimasi negara dengan membangun kepercayaan dan komitmen untuk mencapai pembangunan berkelanjutan sesuai agenda SDG's.

Agenda pembangunan dan pembangunan inklusif menyiratkan bahwa seluruh pemangku kepentingan harus bertindak kolaboratif dan bekerja sama dalam melakukan implementasi target SDG (Winnie, 2015). Untuk itu, diperlukan para pemangku kepentingan dengan keterampilan kepemimpinan yang mampu berkolaborasi untuk mendorong seluruh pelaku agar dapat melakukan tindakan secara efektif untuk pemecahan masalah yang baik. Beberapa upaya dilakukan untuk menganalisis dan memeriksa signifikansi pentingnya setiap tujuan dari SDG untuk masing-masing negara. Selain itu, pentingnya dalam memerhatikan tantangan yang dimungkinkan dapat menjadi kendala yang dihadapi pemerintah (Akenroye et al, 2018). Salah satu kendala yang akan dihadapi terlebih bagi negara berkembang adalah terkait dengan pendanaan. Tujuan SDG harus didukung dari sisi keuangan

sebab kompleksitasnya memerlukan dana yang besar untuk mencapai tujuannya.

Investasi menjadi instrumen yang sangat penting untuk mendukung permasalahan ini.

Menurut Komisi Ekonomi dan Sosial PBB untuk Asia dan Pasifik (ESCAP) yang

menunjukkan bahwa Asia Tenggara merupakan kawasan dengan sebagian besar

dihuni negara-negara berkembang maka perlu ditangani termasuk terkait investasi

hingga 20% dari jumlah GDP nya (Akenroye et al, 2018).

2.1.2. *Environmental Kuznets Curve (EKC)*

Awal munculnya hipotesis EKC dimulai dari adanya berbagai perdebatan

antara pendapatan dengan gradasi lingkungan. Hipotesis EKC menyebutkan bahwa

tingkat pendapatan yang lebih tinggi akan berdampak pada peningkatan degradasi

lingkungan. Secara empiris, tingkat pendapatan yang tinggi dapat mengurangi

degradasi lingkungan, dengan demikian pertumbuhan ekonomi dapat menjadi

prasyarat untuk perbaikan lingkungan (Beckerman, 1992; Bhagawati, 1993).

Sehingga dalam hal ini, pertumbuhan dapat menjadi salah satu langkah solutif dalam

meningkatkan kualitas lingkungan terlebih pada negara berkembang yang memiliki

dampak degradasi lingkungan akibat berbagai kasus pencemaran lingkungan

(Panayotou, 1993). Kualitas lingkungan telah lama menjadi objek kajian debat selama

bertahun-tahun. Sebelum tahun 1970-an, beberapa pandangan percaya bahwa

konsumsi bahan baku, energi dan sumber daya alam berjalan beriringan dengan

pergerakan pertumbuhan ekonomi. Permodelan untuk menunjukkan hubungan antara

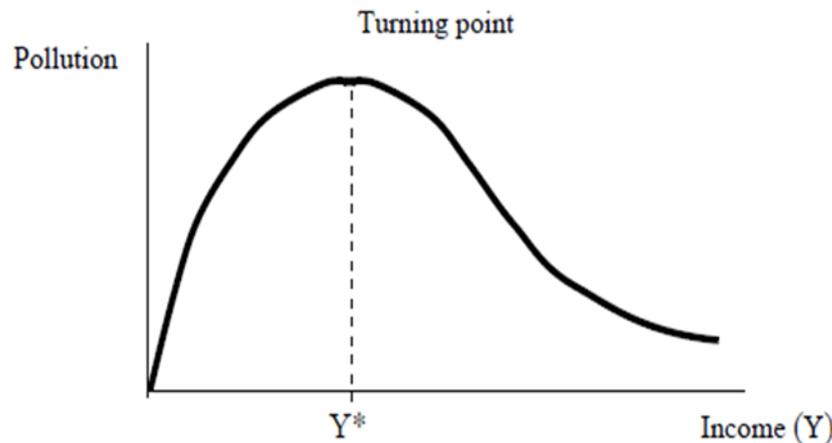
kualitas lingkungan dan pertumbuhan ekonomi pertama kali dilakukan oleh Grossman

dan Krueger (1991). Hasil temuannya menunjukkan bahwa pada tingkat pendapatan

yang lebih tinggi ditemukan penurunan degradasi lingkungan dimana hasil ini secara statistik sebagai bukti adanya hubungan pada hipotesis EKC. Berbagai studi empiris juga telah menunjukkan adanya keterbukaan ekonomi disertai dengan kebijakan-kebijakan kontributif yang mengarah pada kualitas lingkungan juga akan mengurangi degradasi lingkungan yang terjadi seiring dengan meningkatnya pendapatan suatu negara (Borhan et al, 2012).

Pada awal tahun 1990an, data empiris tentang berbagai polutan tersedia melalui *Global Environmental Monitoring System* (GEMS), data lingkungan dari OECD dan berbagai sumber terkait lainnya mendorong berbagai peneliti untuk menguji validasi dari kurva hipotesis U terbalik dengan indikator kualitas lingkungan dan pendapatan. Hasil studi empiris Grossman dan Kruger (1991) dan kemudian Kuznets (1995) yang meramalkan bahwa perubahan hubungan pendapatan per kapita dan ketimpangan pendapatan adalah kurva U terbalik. Pendapatan per kapita yang meningkatkan juga akan meningkatkan ketimpangan pendapatan pada masa awal kemudian akan menurun setelah titik balik (TP). Sehingga distribusi pendapatan menjadi lebih tidak setara pada masa awal kemudian mengalami peningkatan dan kesetaraan karena pertumbuhan ekonomi terus meningkat (Kuznets, 1995). Kemudian kurva Kuznets menunjukkan eksistensi baru yang dibuktikan dengan degradasi lingkungan (kualitas lingkungan) dan pendapatan per kapita yang bergerak mengikuti kurva U terbalik. Hubungan pertumbuhan ekonomi yang dicerminkan dengan pendapatan per kapita dengan indikator kualitas lingkungan ini dikenal sebagai *Environmental Kuznets Curve* (EKC).

Gambar 2.1
Environmental Kuznets Curve (EKC)



Sumber: Jula et al, (2017)

Gambar 2.1 menjelaskan hubungan pendapatan dengan polusi sebagai indikator pengukuran kualitas lingkungan. Pada saat kondisi polusi meningkat pada titik puncak (Y^*) pendapatan juga akan meningkat. Selanjutnya ketika terjadi titik balik setelah *turning point* maka pendapatan juga akan bergerak semakin meningkat dan polusi akan semakin melandai. Degradasi lingkungan akan meningkat seiring dengan pertumbuhan pendapatan hingga sampai titik puncak kemudian kualitas lingkungan akan menurun dengan peningkatan jumlah pendapatan per kapita yang semakin tinggi (Jula et al, 2015). Kurva Kuznets memperkirakan bahwa ketimpangan pendapatan meningkat pada awalnya karena pendapatan per kapita meningkat tetapi kemudian mulai menurun setelah titik balik (Yurttagüler dan Kutlu, 2017).

Hipotesis EKC ini untuk menunjukkan hubungan jangka panjang antara dampak lingkungan dengan pertumbuhan ekonomi. Seiring dengan perkembangan

ekonomi yang semakin pesat dan cepat dengan intensifikasi beberapa sektor yang berada pada tahap lepas landas seperti sektor pertanian dan ekstraksi sumber daya lainnya mengakibatkan penipisan ketersediaan sumber daya. Hal ini mengakibatkan ketersediaan sumber daya semakin besar melebihi sumber daya regerasi yang pada akhirnya akan menimbulkan kuantitas limbah semakin meningkat. Pada titik ini, akan terjadi perubahan struktural menuju industri sehingga akan timbul peningkatan kesadaran terhadap lingkungan diiringi dengan perkembangan teknologi dan peraturan penegakan lingkungan. Selain itu, beberapa peneliti berpendapat bahwa pertumbuhan ekonomi akan membuka kesempatan dalam perbaikan kualitas lingkungan. Tingkat pendapatan yang lebih tinggi akan menyebabkan permintaan untuk meningkatkan kualitas lingkungan sehingga memaksa untuk memberikan fasilitas-fasilitas untuk upaya perlindungan lingkungan (Panayotou, 2003). Pada kondisi ini akan menghasilkan tahapan pada penurunan degradasi lingkungan (Dinda, 2004) Transisi yang terjadi tersebut akan memberikan dampak permulaan pada peningkatan kualitas lingkungan. Pada kesimpulannya, hipotesis EKC ini menunjukkan proses perubahan yang dinamis antara pertumbuhan ekonomi yang ditunjukkan dengan pendapatan yang tumbuh seiring waktu seiring dengan perkembangan kualitas lingkungan.

Berbagai negara dengan kondisi perekonomian maju, mayoritas telah melalui histori perjalanan dari kurva U terbalik dalam hipotesis EKC. Salah satu negara yang saat ini telah menunjukkan kinerja perekonomian melesit dengan laju yang cepat adalah Tiongkok. Laju pertumbuhan ekonomi Tiongkok yang sangat pesat diiringi dengan mitigasi degradasi lingkungan yang menarik untuk menjadi perhatian (Jiang

et al, 2008). Studi empiris Groot et al, (2004) mengestimasi hipotesis EKC untuk emisi, air limbah dan limbah industri di Tiongkok dengan data panel provinsi. Hasil analisis menemukan bahwa emisi dan pendapatan tergantung pada jenis pencemaran lingkungan. Pada kasus emisi gas ditemukan adanya pola mengikuti kurva U terbalik.

Studi Liu et al. (2007) menemukan bahwa eksistensi hipotesis EKC berlaku pada emisi yang disebabkan oleh proses produksi, namun tidak berlaku untuk emisi yang disebabkan kegiatan konsumsi di Tiongkok.

Keterbukaan sistem perekonomian yang tidak terkendali dengan baik juga dapat memicu polusi semakin meningkat. Konteks liberalisasi perdagangan di negara besar harus disertai dengan regulasi yang tepat. Sebab, regulasi yang lemah dapat berdampak pada ketidakseimbangan dan kerusakan antara proses produksi dalam industrialisasi tidak dapat terkendali. Hal ini mengakibatkan kualitas lingkungan akan semakin menurun. Kegiatan ekonomi terkait produksi disertai dengan pengelolaan kebijakan yang tegas dapat memberikan dampak positif bagi pendapatan negara sekaligus pada kualitas lingkungan (Ginevicius et al, 2017). Sementara dari sisi konsumsi, risiko lingkungan dan ketidakpastian kualitas lingkungan dimasa depan akan semakin meningkat dan mengganggu. Kualitas lingkungan menjadi suatu komponen penting dalam pembangunan berkelanjutan untuk menjaga kekayaan dimasa mendatang pada generasi selanjutnya. Risiko kerusakan lingkungan mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan akan mengganggu pembangunan yang pada akhirnya akan berdampak pada kesejahteraan.

Ketidakpastian konsumsi yang semakin meningkat di masa depan mengakibatkan risiko lingkungan akan semakin meningkat, diantara risiko yang ada

diantaranya perubahan iklim yang tidak jelas akibat efek rumah kaca yang disebabkan oleh gas yang dipancarkan di atmosfer. Gas tersebut sering kali dihasilkan seperti karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan dari pembakaran minyak fosil dan polusi yang berasal dari pabrik. Akumulasi CO₂ dan gas-gas lainnya di atmosfer ini akan berdampak pada radiasi matahari yang semakin meningkat terpancar ke bumi yang pada akhirnya mengakibatkan fenomena pemanasan global. Dalam jangka panjang, kondisi ini akan berakibat pada sektor-sektor global seperti pertanian dan sistem perdagangan (WCED, 1987) yang pada akhirnya akan memicu krisis sumber daya alam, pangan, perekonomian dunia serta masa depan bumi (Ginevičius et al, 2017). Merespon dari kondisi ini, hipotesis EKC penting diterapkan untuk meminimalisir degradasi lingkungan yang mengancam kehidupan bumi. Menurut Stem (2004) seperti pada kondisi hipotesis EKC bahwa indikator degradasi lingkungan awalnya naik kemudian menurun seiring dengan meningkatnya pendapatan per kapita.

Kurva Kuznets menunjukkan tahapan awal dari degradasi dan pencemaran lingkungan akan direspon dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi dalam hal ini disebut pendapatan. Kemudian ketika kualitas lingkungan yang semakin menurun dicerminkan dengan kondisi polusi yang semakin meningkat akibat tingginya produksi yang tidak diiringi dengan kebijakan pro lingkungan hingga titik puncak, maka hal itu akan direspon oleh kebijakan-kebijakan pro lingkungan untuk meminimalisir degradasi lingkungan Gill et al, 2017). Sampai titik balik U selanjutnya kedua variabel antara pendapatan dan polusi tersebut akan berjalan beriringan dan menunjukkan adanya peningkatan kualitas lingkungan yang disertai dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi (Islam et al, 2013). Berbagai hasil penelitian juga mengindikasikan

rekomendasi bahwa pertumbuhan ekonomi menjadi instrumen makroekonomi yang sangat penting untuk meningkatkan kesadaran lingkungan. Skala produksi dan peningkata teknologi dapat memengaruhi hipotesis EKC.

2.1.3 Energi Terbarukan (*Renewable Energi*)

Energi terbarukan merupakan energi yang dihasilkan dari sumber daya alam seperti sinar matahari, angin, hujan, pasang surut air laut, panas bumi yang dapat diperbaharui secara alami (Gorjian, 2018). Sumber daya energi pada energi terbarukan ini dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia dengan kombinasi berbagai teknologi yang ada seperti panas, bahan kimia maupun kekuatan mekanik. Pentingnya menggunakan energi terbarukan untuk meminimalisir adanya kelangkaan pada sumber daya energi yang tidak dapat diperbarui seperti bahan bakar fosil yang mayoritas digunakan manusia dalam menciptakan daya listrik, bahan bakar pengisi mesin kendaraan dan sebagainya (DOE/GO, 2001). Ancaman penggunaan bahan bakar yang tidak dapat diperbarui ini dapat berakibat fatal bagi bumi. Selain dapat menimbulkan kelangkaan di masa yang akan datang, namun juga dapat menciptakan dampak buruk bagi keberlanjutan bumi sebab efeknya dapat meningkatkan penipisan pada lapisan atmosfer yang akan memengaruhi panas bumi yang semakin meningkat. Bahan-bahan dari bumi seperti batu bara, fosil, minyak dan gas alam ini memiliki ketersediaan yang terbatas. Penggunaan yang berlebih akan berdampak pada kelangkaan sumber daya sekaligus dapat menimbulkan permasalahan pencemaran lingkungan.

Keterbatasan energi yang terjadi di masa yang akan datang akan memberikan suatu permasalahan besar. Hal ini karena kebutuhan energi ke depan juga semakin meningkat seperti pada negara-negara maju dengan tingkat teknologi tinggi. Diprediksi sekitar 20 tahun ke depan dibutuhkan energi yang semakin meningkat sebesar 33%. Kondisi ini perlu menjadi perhatian sebab keterbatasan energi menjadi masalah krusial ketika di masa mendatang kebutuhan ini tidak dapat terpenuhi.

Ketersediaan energi terbarukan dapat mengisi celah permasalahan ini karena penggunaan energi terbarukan memberikan dampak lebih baik untuk lingkungan.

Pasokan energi terbarukan ini juga perlu adanya dukungan teknologi hijau dan bersih yang ramah lingkungan sehingga keseimbangan penyediaan sumber energi pengganti dapat diimbangi dengan peningkatan kualitas lingkungan.

Penggunaan bahan bakar fosil, meningkatnya efek gas rumah kaca mengakibatkan lapisan atmosferi semakin menipis yang berakibat pada pemanasan bumi semakin meningkat sehingga pemanasan global semakin tinggi. Suhu bumi semakin tahun semakin meningkat sehingga hal ini menjadi perhatian para ilmuwan untuk meminimalisir hal tersebut. Jika tren ini terus berlanjut maka permukaan air laut akan meningkat dan akan berakibat kompleks pada kondisi iklim, cuaca dan lingkungan. Berbagai bencana seperti banjir, gelombang panas, kekeringan, cuaca ekstrem akan lebih sering terjadi yang pada akhirnya akan berdampak pada kondisi sosial ekonomi semakin meningkatkan ketidakpastian (DOE/GO, 2001). Dampak dari penggunaan energi yang tidak dapat diperbarui secara berlebihan akan mengakibatkan efek kompleks. Penggunaan energi yang tidak dapat terbarukan ini dapat mengakibatkan pencemaran pada energi terbarukan, misalnya penggunaan

bahan bakar fosil maupun batu bara yang sangat besar akan memicu polusi udara (sebagai energi terbarukan). Sehingga kondisi ini menjadi boomerang bertubi-tubi karena selain mengakibatkan kelangkaan fosil atau batu bara, namun juga berakibat pada pencemaran udara yang sangat penting bagi kehidupan.

Polusi besar yang terjadi pada udara akan mengakibatkan berbagai hal negatif yang merusak tatanan lingkungan dan kehidupan dalam jangka panjang. Akibat polusi udara akan berkontribusi meningkatkan penyakit seperti asma dan saluran pernafasan lainnya. Selain itu, hujan asam dari sulfur dioksida dan nitrogen dioksida yang dipicu meningkat akibat dari polusi akan merugikan bagi tanaman dan ikan. Kondisi ini akan berdampak pada sektor-sektor primer dunia seperti sektor pertanian dan perikanan sebagai pemasok kebutuhan pokok manusia (DOE/GO, 2001). Kondisi ini menjadi prioritas untuk mengembangkan energi terbarukan sebab energi terbarukan juga membantu mengembangkan kemandirian dan keamanan energi bagi bumi dan manusia.

Para pemangku kepentingan perlu merespon hal ini dengan efektif dan efisien sehingga dapat menghasilkan suatu kebijakan dan inovasi untuk penyelamatan bumi. Ketergantungan terhadap bahan energi tidak terbarukan ini harus dihentikan dengan berbagai upaya yang realistis. Seperti pada kasus pasokan minyak bumi yang telah ditemukan inovasi baru menggantinya dengan bahan bakar terbuat dari bahan tanaman dengan tujuan menghemat finansial sekaligus dapat memperkuat keamanan energi. Pasokan energi terbarukan ini harus diimbangi dengan teknologi ramah lingkungan yang semakin meningkat sehingga keberlanjutan pembaruan energi ini dapat berjalan terus menerus tanpa mengurangi kualitas lingkungan karena energi

dan lingkungan menjadi hal sangat krusial bagi kehidupan manusia. Kebutuhan energi akan terus meningkat sehingga persediaan energi ini harus memiliki ketahanan dan keamanan yang mampu berkontribusi pada kebutuhan manusia (Varun et al. 2009). Kebijakan pengembangan penggunaan energi terbarukan sebagai sumber tradisional ini dapat dilakukan diberbagai bidang.

Dari sektor ekonomi, energi terbarukan dapat digunakan sebagai pengukur efisiensi, profitabilitas dan daya saing (Boksh, 2013). Aktivitas ekonomi seperti industri ini memiliki andil besar dalam penggunaan sumber energi (Shulze et al, 2016). Selain itu, penggunaan energi dari hasil temuan Schipper et al. (1986) bahwa faktor intensitas energi tertinggi berada di Amerika Serikat, sementara intensitas energi listrik tertinggi di Norwegia, Kanada, Amerika Serikat dan Swedia. Sektor jasa bertanggung jawab atas penggunaan energi sebesar 13% dari total energi negara-negara OECD, sementara itu, sektor transportasi juga bertanggung jawab dalam penggunaan energi sebesar 37%, industri sebesar 25% dan rumah tangga mencapai 21% (IEA, 2007a; Asvanyi et al, 2017). Berbeda dengan sektor lain yang dapat diidentifikasi besaran energi yang digunakan, pada sektor jasa yang cenderung heterogen memiliki pola konsumsi yang sulit untuk terdeteksi. Pentingnya energi terbarukan pada sektor jasa khususnya pada industri pariwisata untuk mencapai efisiensi, keberlanjutan dan pengurangan biaya dalam konsumsi energi.

Salah satu kebijakan yang banyak negara-negara terapkan dengan memainkan peranan penting untuk mendorong investasi pada energi terbarukan (Rennkamp et al. (2017). Dalam mencapai target SDG's salah satunya energi terbarukan, memerlukan kebijakan khusus dalam mendukung pengembangan energi

terbarukan. Pada studi Donastorg et al. (2017) menunjukkan bahwa suatu kebijakan memainkan peran penting dalam mempromosikan inovasi teknologi energi terbarukan yang pada akhirnya dapat mengurangi *cost* dan meningkatkan daya saing energi tradisional (Kabel dan Bassim, 2019). Kebijakan ini termasuk kaitannya dengan insentif pajak, pinjaman sebagai modal, feed-in tarif dan standar portfolio yang mendukung. Gerakan ini membutuhkan dukungan besar sehingga dapat menciptakan kebaruan energi terlebih bagi energi yang mencukupi hajar hidup orang banyak karena sumber energi alternatif ini penting adanya untuk menekan permasalahan yang muncul bagi bumi dan manusia di masa mendatang. Motivasi dari pengembangan energi terbarukan ini antara lain disebabkan oleh kekhawatiran terhadap kondisi di masa depan seperti keamanan energi, dampak ekonomi dan pengurangan emisi karbon dioksida.

Pasokan energi terbarukan yang terus meningkat ini menjadi sangat krusial sebagai prioritas kebijakan pemerintah. Berbagai alternatif kebijakan terkait investasi di bidang kemajuan teknologi telah banyak dilakukan negara untuk menghasilkan energi terbarukan yang lebih efektif sehingga akan mengefisiensi biaya yang dikeluarkan untuk mencukupi kebutuhan energi. Seiring dengan perkembangan dan inovasi teknologi untuk pengembangan energi terbarukan, penting juga melakukan promosi dan pengembangan energi terbarukan melalui pasokan teknologi yang inovatif dan ramah lingkungan. Pengembangan ini juga memerhatikan eksternalitas yang kemungkinan ditimbulkan, dalam hal ini eksternalitas positif harus dimunculkan secara optimal dan meminimalisir munculnya eksternalitas negatif yang dapat merugikan bagi komunitas bumi. Pertimbangan dari skala ekonomi juga memainkan

peran penting dalam mengurangi biaya produksi unit teknologi untuk energi terbarukan (Abolhosseini, dan Altmann, 2014).

2.1.4 Greenhouse Gasses (GHG)

Pemanasan global disebabkan oleh kenaikan suhu rata-rata atmosfer bumi dan lautan karena mengalami transmisi radiasi gelombang pendek dari matahari dan absorpsi radiasi gelombang panjang yang dihasilkan dari bumi. Kondisi ini mengakibatkan munculnya pemanasan global yang berdampak pada penurunan kualitas lingkungan yang kompleks di bumi (Jain et al, 2015). Kondisi ini diperburuk dengan adanya molekul-molekul kimia yang mengakibatkan suhu bumi semakin meningkat diantaranya penumpukan pada gas seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitro oksida (N₂O) dan klorofluorokarbon (CFC). Gas-gas tersebut jika terakumulasi secara kolektif disebut sebagai efek gas rumah kaca (Greenhouses Gases/ GHG). Gas-gas tersebut akan mengganggu aktivitas radiasi dengan menghambat radiasi tersebut keluar dari bumi sehingga mengganggu keseimbangan panas bumi. Akumulasi dari GHG di atmosfer ini akan meningkatkan suhu bumi sebagai akibat dari efek rumah kaca.

Beberapa studi tentang gas rumah kaca dan dampaknya terhadap pemanasan global mengakibatkan rata-rata suhu bumi meningkat dan mengurangi temperatur suhu dingin bumi (Kweku et al, 2018). Namun, hal ini tidak serta merta menjadi hal positif secara berkelanjutan, karena efek rumah kaca yang berlebihan justru akan menipiskan lapisan atmosfer dan suhu panas bumi tidak terkendali. Kondisi ini akan berdampak pada penghuni bumi akan mengalami kendala dalam menjalankan

aktivitasnya. Gas rumah kaca termasuk uap air, CO₂, metana, dinitrogen oksida (N₂O) dan gas lainnya. Karbon dioksida (CO₂) dan gas rumah kaca lainnya berubah seperti penutup radiasi *Infra-Red* dan mencegahnya keluar ke luar angkasa. Efek yang jelas dari gas rumah kaca adalah pemanasan atmosfer dan permukaan bumi yang disebut dengan pemanasan global.

Kemampuan gas rumah kaca menjadi transparan untuk cahaya matahari langsung masuk melalui energi yang dipancarkan ke bumi dengan lapisan yang semakin menipis sehingga tingkat panas semakin tinggi. Efek rumah kaca sebagian besar disebabkan oleh interaksi energi matahari dengan gas rumah kaca seperti karbon dioksida, metana, nitro gas oksida dan berfluorinasi di Bumi. Kemampuan gas-gas ini untuk menangkap panas menyebabkan rumah kaca efek (*The Royal Society*, 2010). Gas rumah kaca terdiri dari tiga atau lebih atom dan struktur molekul ini mengakibatkan gas-gas ini menangkap panas di atmosfer lalu dipindahkan ke permukaan sehingga bumi terasa hangat, namun jika berlebihan akan meningkatkan panas bumi yang dapat menimbulkan eksternalitas negatif seperti gagal panen (Emily, 2013).

Menurut Joseph Fourier pada tahun 1824 dan pertama kali diselidiki secara kuantitatif oleh Svante Arrhenius pada tahun 1896, efek rumah kaca menjadi sebuah proses penyerapan emisi radiasi infra merah oleh gas di lapisan atmosfer yang mengakibatkan permukaan planet (bumi) menjadi panas. Sementara menurut badan dunia, perubahan iklim, tekanan suhu rata-rata global juga sebagai akibat dari efek rumah kaca yang berlebih sehingga rata-rata suhu diakhir abad ke 20 akan mengalami peningkatan lebih tinggi yakni sebesar 0,40 – 0,76°C (IPCC, 2007).

Beberapa ahli berpendapat bahwa kondisi ini sebagian besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi GHG yang dihasilkan dari aktivitas manusia tanpa terkendali. IPCC juga memproyeksikan kenaikan suhu bumi sekitar $1,1-6,4^{\circ}\text{C}$ pada akhir abad ke 21. Kondisi ini mengindikasikan adanya peningkatan aktivitas manusia belum terkendali dengan baik akibat GHG sehingga berdampak pada peningkatan suhu bumi yang semakin meningkat. Dalam jangka panjang, kondisi ini justru akan menimbulkan dampak pada lingkungan dan keberlanjutan karena dapat berdampak kompleks baik dari sisi sosial, ekonomi dan lingkungan (Jain et al, 2015). Akibat efek rumah kaca, pemanasan atmosfer dan permukaan planet yang lebih rendah terjadi melalui proses kompleks yang melibatkan sinar matahari, gas, dan partikel di atmosfer. Semua tubuh menyerap dan juga mentransmisikan energi. Radiasi dari matahari dan bumi sangat mirip dengan radiasi *blackbody*. Kondisi ini dapat berakibat buruk bagi kehidupan makhluk hidup di bumi.

Kinerja GHG di udara untuk sementara waktu dapat menyerap cahaya inframerah termal dari panjang gelombang tertentu. Oleh karena itu, semua radiasi infra merah yang dipancarkan dari permukaan bumi tidak berpindah langsung ruang angkasa dari atmosfer. Setelah kembali penyerapannya oleh molekul-molekul di atmosfer, radiasi infra merah ini dipancarkan kembali ke segala arah secara acak. Beberapa radiasi inframerah termal dialihkan kembali ke permukaan bumi dan diserap kembali. Akibatnya, semakin menghangatkan baik permukaan maupun udara dan jika berlebihan justru akan menimbulkan efek panas berlebih pada kondisi bumi dan aliran udara bumi. GHG di atmosfer mencegah lepasnya radiasi termal kembali ke ruang angkasa, sehingga meningkatkan suhu atmosfer bumi (Jain et al, 2015). Konsentrasi

total GHG di atmosfer kurang dari 1%, suhu atmosfer akan menjadi -18°C rata-rata jika gas-gas ini sepenuhnya tidak ada di atmosfer. Saat ini, suhu atmosfer rata-rata adalah 15°C . Kondisi ini menyebabkan GHG semakin meningkat. Sejatinya, GHG ini sudah muncul jauh sebelum manusia melakukan aktivitas di bumi dengan tujuan menghangatkan permukaan bumi. Namun kondisi ini menjadi berubah ketika semakin meluasnya revolusi industri dan pertanian intensif yang mengakibatkan sebagian besar gas rumah kaca dikeluarkan ke atmosfer karena adanya emisi industri, pembakaran fosil, deforestasi yang semakin meluas, pembakaran biomassa dan banyaknya peralihan lahan yang tidak memerhatikan ruang hijau.

Peningkatan emisi gas rumah kaca sebagai akibat aktivitas manusia di seluruh dunia telah menyebabkan peningkatan substansial dalam konsentrasi atmosfer dari gas rumah kaca yang berlangsung lama sesuai indikator Konsentrasi Atmosfer Gas Rumah Kaca. Setiap negara di seluruh dunia mengeluarkan gas rumah kaca ke atmosfer dan mengakibatkan perubahan iklim dalam cakupan global (EPA, 2016).

Beberapa negara menghasilkan gas rumah kaca yang jauh lebih besar dibandingkan yang lainnya akibat beberapa faktor seperti aktivitas ekonomi (termasuk komposisi dan efisiensi ekonomi), penduduk, tingkat pendapatan, penggunaan lahan, dan kondisi iklim. Kegiatan ini dapat memengaruhi tingkat emisi suatu negara sehingga dapat berdampak pada kualitas lingkungan yang dapat memengaruhi kondisi bumi.

Berbagai tindakan pelacakan pada emisi gas rumah kaca di seluruh dunia menyediakan konteks global untuk memahami peran Amerika Serikat dan negara-negara lain dalam perubahan iklim. Pada indikator Emisi Gas Rumah Kaca AS, indikator ini berfokus pada emisi gas yang tercakup dalam Konvensi Kerangka Kerja

PBB tentang Perubahan Iklim: karbon dioksida, metana, dinitrogen oksida, dan beberapa gas berfluorinasi. Molekul-molekul gas tersebut merupakan penyebab gas rumah kaca yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia.

Setiap gas rumah kaca memiliki masa hidup yang berbeda (lamanya gas tersebut menguni atau berada di atmosfer) dan kemampuan yang berbeda untuk memperangkap panas di atmosfer. Agar gas yang berbeda dapat dibandingkan dan ditambahkan bersamaan, emisi dikonversi menjadi setara karbon dioksida. Langkah ini menggunakan potensi pemanasan global 100 tahun setiap gas, yang mengukur seberapa banyak jumlah gas yang diperkirakan berkontribusi terhadap pemanasan global selama periode 100 tahun setelah dipancarkan. Karbon dioksida ditetapkan sebagai potensi pemanasan global sama dengan 1. Dalam agenda SDG's, kebijakan mereduksi emisi menjadi salah satu target prioritas untuk mencapai pembangunan berkelanjutan dan menjaga kualitas lingkungan dan bumi agar tetap dapat dinikmati oleh generasi di masa mendatang.

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa kajian penelitian terdahulu yang menjadi pendukung dalam merangkai permasalahan yang terkait dengan sumber daya alam dan pertumbuhan ekonomi yang dilakukan dengan melihat berbagai sisi dan telah dilakukan di negara maju maupun berkembang yang memiliki potensi sumber daya alam. Penelitian dari Shahbaz et al, (2019) mengeksplorasi efek relatif yang ditimbulkan dari adanya kekayaan sumber daya alam dan ketergantungan pertumbuhan ekonomi pada sumber daya alam. Penelitian dilakukan untuk periode 1980-2015 dengan objek

penelitian 35 negara yang memiliki kekayaan sumber daya alam. Tujuan penelitian ini untuk melihat hubungan antara pertumbuhan ekonomi, *natural resource rents per capita*, *natural resource rents* dari GDP, modal, keterbukaan perdagangan dan pengembangan keuangan. Hasil analisis kointegrasi Weterlund berbasis ECM menunjukkan adanya kointegrasi antara variabel-variabel yang digunakan sehingga mengindikasikan adanya hubungan jangka panjang pada variabel-variabel antar negara. Selain itu, adanya ketergantungan cross-sectional antar negara yang mengindikasikan bahwa ketika terdapat shock di negara satu akan menyebar pada negara lainnya. Peningkatan permodalan, keterbukaan perdagangan dan pengembangan keuangan juga mendorong pertumbuhan ekonomi.

Sultan et al, (2019) Menyoroti peranan penting dari energi dalam proses perkembangan perekonomian di India. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data series waktu periode 1971-2014 dengan metode VECM. Variabel yang digunakan antara lain konsumsi energi, gross capital formation bruto dan pertumbuhan ekonomi. Hasil analisisnya menunjukkan bahwa terdapat hubungan dua arah antara konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi di India dalam jangka panjang. Selain itu, uji eksogenitas juga menunjukkan bahwa hubungan searah ditemukan antara konsumsi energi dan pengeluaran energi nyata. Hasil ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan ekonomi yang semakin tinggi di India akan mengakibatkan konsumsi energi yang lebih besar. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa pentingnya kebijakan kearah pengembangan sektor energi untuk mengurangi konsumsi energi dan mempertahankan pertumbuhan ekonomi di India.

Li et al. (2018) menganalisis hubungan skala ekonomi, konsumsi gas alam dan pertumbuhan ekonomi di Tiongkok yang menjadi pasar konsumsi gas alam terbesar ketiga dunia. Analisis dilakukan dengan menggunakan data panel dari 30 provinsi di Tiongkok dengan series waktu 2000-2014 dengan metode regresi panel kuantil. Hasilnya menemukan bukti bahwa pada skala ekonomi tinggi, medium dan rendah menunjukkan hasil serupa bahwa investasi aset tetap, lapangan kerja dan konsumsi gas alam berpengaruh positif signifikan terhadap pertumbuhan GDP di Tiongkok.

Erdogan et al. (2019) melakukan penelitian untuk menganalisis hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan konsumsi gas alam selama tahun 1983-2017 di Turki. Metode Kausalitas yang dikembangkan oleh Hacker dan Hatemi-j (2006) digunakan untuk melihat hubungan antara konsumsi gas alam dan pertumbuhan ekonomi di Turki. Hasil empirisnya menemukan bahwa tidak terdapat hubungan sebab akibat antara variabel konsumsi gas alam dan pertumbuhan ekonomi di Turki selama periode penelitian. Namun, analisis kausalitas dengan variasi waktu dilakukan pada sub periode yang menunjukkan hasil bahwa terdapat hubungan kausal searah antara konsumsi gas alam dan pertumbuhan ekonomi pada termin periode 1996-2010, 1997-2011, 2001-2015 dan 2000-2014.

Studi Kweku et al, (2018) menganalisis tentang efek rumah kaca yang menjadi faktor utama pemanasan global saat ini. Dalam studinya mengindikasikan bahwa gas rumah kaca penting bagi bumi dengan tujuan untuk menghangatkan permukaan bumi.

Tanpa efek rumah kaca suhu global rata-rata bumi akan jauh lebih dingin dan kehidupan di akan mustahil dapat berlangsung. Gas rumah kaca termasuk uap air, CO₂, metana, dinitrogen oksida (N₂O) dan gas lainnya. Karbon dioksida (CO₂) dan

gas rumah kaca lainnya mencengkeram radiasi Infra-Red dan mencegahnya keluar ke luar angkasa sehingga berdampak pada pemanasan stabil atmosfer dan permukaan bumi. Namun dengan jumlah yang besar akan mengakibatkan eksternalitas negatif terhadap peningkatan panas bumi.

Studi Schroder dan Storm, (2018) bertujuan memberikan kontribusi serta literatur yang lebih besar tentang perubahan iklim dan keberlanjutan. Pertama, penelitian ini mengembangkan prognosis dari pertumbuhan iklim global pada 2014-2050 menggunakan sejumlah aturan kebijakan. Kedua, pada kerangka kerja CKC (Carbon Kuznets Curve) secara empiris menilai pengaruh pertumbuhan ekonomi terhadap penggunaan emisi CO₂ sebagai ukuran emisi teritorial (berbasis produksi) dan berbasis konsumsi emisi (disesuaikan perdagangan). Dengan menggunakan data panel data emisi dari Eora, Exio dan WIOD pada 61 negara dengan rentan waktu 1995-2011. Hasilnya ditemukan bahwa adanya *decoupling* emisi dan pertumbuhan CO₂ berbasis produksi, emisi CO₂ berbasis konsumsi meningkat secara monoton dengan PDB per kapita. Dalam penelitian ini, dapat diimplikasikan suatu kebijakan yang mengikat terkait pengurangan konsumsi karbon dengan tujuan mengurangi emisi.

Zafeiriou et al. (2018) menyoroti kaitan antara pertanian dan perubahan iklim seperti yang telah banyak diidentifikasi dan divalidasi dalam istilah empiris global. Kinerja antara ekonomi dan emisi karbon dioksida di Uni Eropa telah menjadi isu dengan prioritas tinggi untuk kebijakan pertanian beberapa dekade terakhir ini. Dalam kerangka sosial ekonomi banyak mempelajari tentang hubungan ekuivalen antara emisi karbon pada sektor pertanian dengan pendapatan per kapita di sektor

pertanian. Permasalahan ini dijawab dengan metode nonlinier autoregresif distributed lag (NARDL). Hasil analisisnya menemukan bahwa hubungan antara emisi karbon dioksida dan pendapatan per kapita tervalidasi dan terdapat kointegrasi pada kedua variabel tersebut. Sementara itu, dampak asimetris pada pendapatan per kapita pertanian terhadap emisi karbon dioksida memberikan rekomendasi kepada pembuat kebijakan sebagai literatur secara praktis. Selain itu, hasil itu juga mempromosikan peningkatan pendapatan pertanian diiringi dengan mitigasi efek emisi menjadi langkah yang efektif.

Sementara itu Abolhoseini et al (2014) menganalisis peningkatan konsumsi listrik berakibat pada peningkatan energi global selama dua dekade ke depan. Kenaikan harga bahan bakar fosil dan kekhawatiran terkait konsekuensi lingkungan yang ditimbulkan akibat konsumsi dari gas rumah kaca telah merespon dengan munculnya inovasi pengembangan sumber daya energi alternatif. Upaya dari inovasi pengembangan energi alternatif ini berasal dari energi terbarukan (Renewable Energi) untuk mereduksi konsumsi emisi secara berlebihan dengan diiringi penciptaan teknologi pendukung. Terdapat dua solusi utama yang dapat diimplementasikan untuk pengurangan emisi karbon dioksida dan mengatasi permasalahan perubahan iklim. Salah satu rekomendasi upaya yang dapat dilakukan dalam penelitian ini dengan mengganti bahan bakar fosil dengan sumber energi terbarukan sebanyak mungkin dan meningkatkan efisiensi energi.

Lu (2017) mencoba untuk menyelidiki hubungan sebab akibat antara emisi gas rumah kaca, konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi pada 16 negara Asia selama periode waktu 1990-2012. Berdasarkan analisisnya ditemukan bahwa dalam jangka

panjang dengan menggunakan metode kausalitas Granger ditunjukkan adanya hubungan dua arah antara konsumsi energi, PDB dan emisi gas rumah kaca. Selain itu, hubungan non-linear, kuadratik ditunjukkan antara emisi gas rumah kaca, konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi. Hasil ini konsisten dengan hipotesis EKC untuk 16 negara Asia. Kemudian hubungan jangka pendek bersifat spesifik pada kawasan Asia. Berdasarkan hasil tersebut, berbagai pemangku kebijakan dan pemerintah mendukung pengurangan karbon dengan penggunaan energi terbarukan dan mengurangi pembakaran bahan bakar fosil untuk mempertahankan pertumbuhan ekonomi, tetapi di beberapa negara ditemukan bukti yang menunjukkan bahwa konservasi energi mungkin hanya sebagai tambahan dalam penyediaan energi.

Penelitian dari Sterpu et al. (2018) menganalisis hubungan antara emisi gas rumah kaca (GHG) per kapita, produk domestik bruto, konsumsi energi darat bruto, dan konsumsi energi terbarukan dengan data panel sampel 28 negara di Uni Eropa pada series waktu 1990-2016. Dua model teoritis, kuadrat dan kubik digunakan untuk mengestimasi bentuk hipotesis EKC. Hasilnya menemukan bahwa pendekatan kointegrasi panel membuktikan keberadaan jangka panjang hubungan ekuilibrium di antara empat indikator ekonomi makro. Estimasi empiris, menggunakan teknik analisis data panel serta regresi heterogen untuk masing-masing negara menunjukkan bukti bahwa hipotesis EKC tidak terbukti. Sementara pada hasil estimasi OLS menunjukkan bahwa hipotesis EKC terbukti untuk 17 negara dari 28 negara Uni Eropa.

Pada kajian empiris Guo (2018) menganalisis tentang konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi di China dari tahun 1978 hingga 1991 dan 1992 hingga 2016.

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsumsi energi total memiliki hubungan sebab akibat dengan pertumbuhan ekonomi di China. Pertumbuhan ekonomi yang kuat memiliki ketergantungan pada energi, ada hubungan co-integrasi antara konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi. Namun, pertumbuhan ekonomi tergantung pada konsumsi energi yang mengalami tren penurunan.

Sultan et al, (2019) menganalisis interaksi antara energi dan output riil di India.

Guncangan harga minyak pada tahun 1970-an berdampak pada kegiatan ekonomi di seluruh dunia dan mengakibatkan terjadinya interaksi antara energi dan output riil.

Penelitian ini menggunakan data dari tahun 1971 hingga 2014. Hasil analisisnya ditemukan adanya hubungan jangka panjang yang signifikan antara penggunaan energi dan output riil. Studi ini juga menemukan adanya hubungan searah dalam jangka pendek antara keduanya. Dalam jangka panjang juga ditemukan adanya hubungan dua arah antara energi dan kemakmuran ekonomi India.

Luzati et al (2018) menyelidiki hipotesis EKC untuk total pasokan energi primer dan CO₂ dari pembakaran bahan bakar selama periode 1971-2015. Hasil temuannya menunjukkan EKC berubah tergantung pada spesifikasi model, sampel, dan proksi variabel yang digunakan. Hasil analisisnya menunjukkan adanya globalisasi memberikan dampak pada perubahan yang terjadi pada pengujian hipotesis EKC dan terdapat penurunan elastisitas pada negara-negara berpenghasilan tinggi. Selain itu, resesi besar juga memberikan dampak yang cukup signifikan dalam penurunan structural pada CO₂ di negara yang terkena dampak resesi tersebut. Di Jerman, kebijakan energi aktif dapat mengurangi konsumsi energi dan CO₂ tanpa merugikan perekonomian.

Penelitian dari Lawson et al (2020) bertujuan untuk menggabungkan literatur empiris tentang konvergensi lingkungan dan hipotesis kurva Kuznets. Hasilnya ditemukan bahwa tidak adanya hubungan berbentuk U terbalik antara emisi CO₂ dan PDB per kapita. Dari studi Chen et al (2020) bertujuan untuk mengukur emisi CO₂ pada skala kota secara akurat di Cina dan memeriksa hipotesis EKC. Hasil studi menunjukkan bahwa pada skala provinsi, R² antara nilai taksiran dan nilai statistik karbondioksida mencapai 0.85. Kota-kota bagian barat di Cina mengeluarkan lebih banyak CO₂, seperti halnya kota-kota yang berkembang secara ekonomi dan kota-kota yang didominasi industri dan pertambangan. Ada dua titik panas emisi CO₂ di utara dan satu titik dingin di selatan. Dalam skala kota, EKC berlaku. Hasilnya juga memiliki nilai untuk menentukan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap emisi CO₂ dan dapat menjadi acuan pengambilan keputusan yang relevan bagi pembuat kebijakan.

Altintas dan Kassouri (2020) menganalisis hubungan antara pembangunan ekonomi dan kualitas lingkungan. Hasil analisisnya menunjukkan bahwa energi terbarukan meminimalisir peningkatan emisi CO₂. Rekomendasi kebijakan dari hasil penelitian ini bahwa diperlukan kebijakan manajemen yang mendorong produksi / pasokan energi terbarukan dan untuk mengurangi ketergantungan tentang konsumsi bahan bakar fosil sehingga dapat memengaruhi mitigasi degradasi lingkungan.

Kacprzyk dan Kuchta (2020) membahas tentang adanya hubungan berbentuk U terbalik antara pendapatan dan emisi CO₂ dari bahan bakar fosil. Hasilnya menemukan bahwa hipotesis tidak valid pada sampel penelitian karena titik balik U bergantung pada ukuran GDP. Hasil selanjutnya menemukan bahwa titik balik yang

dievaluasi, setelah emisi CO₂ mulai turun seiring dengan peningkatan pendapatan, sehingga hasilnya memberikan prospek yang lebih optimis dari kemungkinan manfaat lingkungan dari pertumbuhan ekonomi.

Studi Hanif dan Gago-de-Santos, (2016) pertumbuhan ekonomi yang lebih besar di negara berkembang telah memberikan dampak yang besar pada degradasi lingkungan. Selain itu, pertumbuhan penduduk penduduk yang berdampak pada peningkatan aktivitas manusia juga direspon oleh kualitas lingkungan yang cenderung menurun yang berarti meningkatkan degradasi lingkungan. Selain itu, stabilitas makroekonomi juga dapat meminimalkan kemungkinan dampak yang lebih merugikan terhadap pencemaran lingkungan. Wang et al (2015) mencoba mengkaji secara lebih spesifik dari EKC dengan memasukkan model OLG sehingga mengintegrasikan peranan pertumbuhan penduduk dengan lingkungan. Hasil temuannya menunjukkan bahwa pertumbuhan yang semakin meningkat akan mengakibatkan bentuk EKC semakin curam dan memiliki puncak lebih tinggi namun tidak secara fundamental mengubah hubungan degradasi lingkungan dan pendapatan.

Tabel 2.1
Penelitian Terdahulu

No	Peneliti dan Judul	Variabel	Metode	Hasil Penelitian
1	Shahbaz et al, (2019) "An empirical note on comparison between resource abundance and resource dependence in resource abundant countries"	natural resource rents per capita, natural resource rents dari GDP, modal, keterbukaan perdagangan dan pengembangan keuangan	ECM	Hasil analisis kointegrasi Weterlund berbasis ECM menunjukkan adanya kointegrasi antara variabel-variabel yang digunakan sehingga mengindikasikan adanya hubungan jangka panjang pada variabel-variabel antar negara. Selain itu, adanya ketergantungan cross-sectional antar negara yang mengindikasikan bahwa ketika terdapat shock di negara satu akan menyebar pada negara lainnya. Peningkatan permodalan, keterbukaan perdagangan dan pengembangan keuangan juga mendorong pertumbuhan ekonomi.
2	Sultan et al, (2019) "Energi Consumption and Economic Growth: The Evidence from India".	GDP, Gross Capital Formation, Konsumsi Energi	VECM	Hasil analisis menunjukkan bahwa ada hubungan dua arah antara penggunaan energi dan pertumbuhan ekonomi di India. Hasil uji eksogenitas juga menunjukkan ada hubungan searah antara energi konsumsi dan keluaran dari energi ke arah keluaran nyata. Pertumbuhan yang semakin tinggi memerlukan konsumsi energi yang semakin banyak.
3	Li et al. (2018) "Research on dynamic relationship between natural gas consumption and economic growth in China"	GDP, investasi aset tetap, jumlah lapangan kerja dan konsumsi gas alam	Regresi data panel kuantil	Hasilnya menemukan bukti bahwa pada skala ekonomi tinggi, medium dan rendah menunjukkan hasil serupa bahwa investasi aset tetap, lapangan kerja dan konsumsi gas alam berpengaruh positif signifikan terhadap pertumbuhan GDP di Tiongkok

4	Erdogan et al. (2019) "A note on time-varying causality between natural gas consumption and economic growth in Turkey".	Konsumsi gas alam, GDP per kapita	Metode Kausalitas oleh Hacker dan Hatemi-j (2006)	Hasil empirisnya menemukan bahwa tidak terdapat hubungan sebab akibat antara variabel konsumsi gas alam dan pertumbuhan ekonomi di Turki selama periode penelitian. Namun, analisis kausalitas dengan variasi waktu dilakukan pada sub periode yang menunjukkan hasil bahwa terdapat hubungan kausal searah antara konsumsi gas alam dan pertumbuhan ekonomi pada termin periode 1996-2010, 1997-2011, 2001-2015 dan 2000-2014
5	Kweku et al, (2018) "Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming".	uap air, CO ₂ , metana, dinitrogen oksida (N ₂ O)	Deksriptif	Karbon dioksida (CO ₂) dan gas rumah kaca lainnya mencengkeram radiasi Infra-Red dan mencegahnya keluar ke luar angkasa sehingga berdampak pada pemanasan stabil atmosfer dan permukaan bumi. Namun dengan jumlah yang besar akan mengakibatkan eksternalitas negaif terhadap peningkatan panas bumi.
6	Schroder dan Storm, (2018) "Economic Growth and Carbon Emissions: The Road to 'Hothouse Earth' is Paved with Good Intentions".	Emisi CO ₂ per kapita, GDP riil,	Regresi panel	Hasilnya ditemukan bahwa adanya decoupling emisi dan pertumbuhan CO ₂ berbasis produksi, emisi CO ₂ berbasis konsumsi meningkat secara monoton dengan PDB per kapita. Dalam penelitian ini, dapat diimplikasikan suatu kebijakan yang mengikat terkait pengurangan konsumsi karbon dengan tujuan mengurangi emisi
7	Zafeiriou et al. (2018) "Greenhouse Gas Emissions and Economic Performance in EU Agriculture: An	Emisi CO ₂ yang dihasilkan sektor pertanian, GDP per kapita yang mewakili	nonlinier autoregresif distributed lag (NARDL).	Hasil analisisnya menemukan bahwa hubungan antara emisi karbon dioksida dan pendapatan per kapita tervalidasi dan terdapat kointegrasi pada kedua variabel tersebut. Sementara itu, dampak asimetris

	<i>Empirical Study in a Non-Linear Framework</i> ".	nilai tambah dari sektor pertanian		pada pendapatan per kapita pertanian terhadap emisi kabon dioksida memberikan rekomendasi kepada pembuata kebijakan sebagai literature secara praktis. Selain itu, hasil itu juga mempromosikan peningkatan pendapatan pertanian diiringi dengan mitigasi efek emisi menjadi langkah yang efektif
9	Lu (2017) "Greenhouse Gas Emissions, Energi Consumption and Economic Growth: A Panel Cointegration Analysis for 16 Asian Countries".	emisi gas rumah kaca, konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi	Panel kointegrasi	Hasilnya ditemukan bahwa dalam jangka panjang dengan menggunakan metode kausalitas Granger ditunjukkan adanya hubungan dua arah antara konsumsi energi, PDB dan emisi gas rumah kaca. Selain itu, hubungan non-linear, kuadratit ditunjukkan antara emisi gas rumah kaca, konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi. Hasil ini konsisten dengan hipotesis EKC untuk 16 negara Asia. Kemudian hubungan jangka pendek bersifat spesifik pada kawasan Asia. Berdasarkan hasil tersebut, berbagai pemangku kebijakan dam pemerintah mendukung pengurangan kabon dengan penggunaan energi terbarukan dan mengurangi pembakaran bahan bakar fosil untuk mempertahankan pertumbuhan ekonomi, tetapi di beberapa negara ditemukan bukti yang menunjukkan bahwa konservasi energi mungkin hanya sebagai tambahan dalam penyediaan energi.
10	Sterpu et al. (2018) "Impact of Economic Growth and Energi Consumption on Greenhouse Gas Emissions".	Emisi GHG per kapita, GDP per kapita, konsumsi energi per	Panel kointegrasi dan OLS	Hasilnya menemukan bahwa pendekatan kointegrasi panel membuktikan keberadaan jangka panjang hubungan ekuilibrium di antara empat indikator

	<i>Testing Environmental Curves Hypotheses on EU Countries</i>	kapita, konsumsi energi terbarukan per kapita		ekonomi makro. Estimasi empiris, menggunakan teknik analisis data panel serta regresi heterogen untuk masing-masing negara menunjukkan bukti bahwa hipotesis EKC tidak terbukti. Sementara pada hasil estimasi OLS menunjukkan bahwa hipotesis EKC terbukti untuk 17 negara dari 28 negara Uni Eropa.
11	Guo (2018)	Konsumsi energi dan pertumbuhan GDP	Kausalitas Granger	Hasilnya menunjukkan bahwa total konsumsi energi memiliki hubungan satu arah dengan pertumbuhan ekonomi di Cina, dan pertumbuhan ekonomi memiliki hubungan ketergantungan yang kuat dengan energi. Selain itu terdapat hubungan jangka panjang antara konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi dengan arah negative.
12	Luzati et al (2018) "A multiscale reassessment of the Environmental Kuznets Curve for energi and CO2 emissions".	Emisi CO2 dan GDP per kapita	Analisis data panel	Hasil analisisnya menunjukkan adanya globalisasi memberikan dampak pada perubahan yang terjadi pada pengujian hipotesis EKC dan terdapat penurunan elastisitas pada negara-negara berpenghasilan tinggi. Selain itu, resesi besar juga memberikan dampak yang cukup signifikan dalam penurunan structural pada CO2 di negara yang terkena dampak resesi tersebut.
13	Lawson et al (2020) "Environmental convergence and environmental Kuznets curve: A unified empirical framework".	GDP per kapita, emisi CO2	Analisis panel dinamis semiparametric	Hasilnya berdasarkan penduga variabel instrumental untuk model panel dinamis semiparametrik, tidak mendukung keberadaan hubungan terbalik berbentuk U antara emisi CO2 dan PDB per kapita.

14	Chen et al (2020) “ <i>Decoupling or delusion? Mapping carbon emission per capita based on the human development index in Southwest China</i> ”.	CO2, populasi, GDP	OLS	Hasil studi menunjukkan bahwa pada skala provinsi, R2 antara nilai taksiran dan nilai statistik karbondioksida mencapai 0.85. Kota-kota bagian barat di Cina mengeluarkan lebih banyak CO2, seperti halnya kota-kota yang berkembang secara ekonomi dan kota-kota yang didominasi industri dan pertambangan. Ada dua titik panas emisi CO2 di utara dan satu titik dingin di selatan. Dalam skala kota, EKC berlaku. Hasilnya juga memiliki nilai untuk menentukan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap emisi CO2 dan dapat menjadi acuan pengambilan keputusan yang relevan bagi pembuat kebijakan.
	Altintas dan Kassouri (2020) “ <i>Is the environmental Kuznets Curve in Europe related to the per-capita ecological footprint or CO2 emissions?</i> ”	GDP riil, emisi CO2 per kapita, energi terbarukan, konsumsi bahan bakar fosil	Panel korelasi	Hasil analisisnya menunjukkan bahwa energi terbarukan meminimalisir peningkatan emisi CO2. Rekomendasi kebijakan dari hasil penelitian ini bahwa diperlukan kebijakan manajemen yang mendorong produksi / pasokan energi terbarukan dan untuk mengurangi ketergantungan tentang konsumsi bahan bakar fosil sehingga dapat memengaruhi mitigasi degradasi lingkungan.
15	Kacprzyk dan Kuchta (2020) “ <i>Shining a new light on the environmental Kuznets curve for CO2 emissions</i> ”.	Emisi CO2 per kapita dari fosil, GDP per kapita riil,	Statistik deskriptif	Hasilnya menemukan bahwa hipotesis tidak valid pada sampel penelitian karena titik balik U bergantung pada ukuran GDP. Selain itu, titik balik yang dievaluasi, setelah emisi CO2 mulai turun seiring dengan peningkatan pendapatan, sehingga hasilnya memberikan prospek yang lebih optimis dari kemungkinan

				manfaat lingkungan dari pertumbuhan ekonomi.
16	Hanif dan Gago-de-Santos, (2016) "The importance of population control and macroeconomic stability to reducing environmental degradation: An empirical test of the environmental Kuznets curve for developing countries".	Emisi CO2, GDP per kapita riil, populasi	OLS dan Robust regresi	Hasilnya menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi yang lebih besar di negara berkembang telah memberikan dampak yang besar pada degradasi lingkungan. Selain itu, pertumbuhan penduduk yang berdampak pada peningkatan aktivitas manusia juga direspon oleh kualitas lingkungan yang cenderung menurun yang berarti meningkatkan degradasi lingkungan. Selain itu, stabilitas makroekonomi juga dapat meminimalkan kemungkinan dampak yang lebih merugikan terhadap pencemaran lingkungan.
17	Wang et al (2015) "Population growth and the environmental Kuznets curve".	Limbah gas per kapita, sampah padat per kapita, GDP riil per kapita dan pertumbuhan penduduk	Statistic deskriptif	Hasil temuannya menunjukkan bahwa pertumbuhan yang semakin meningkat akan mengakibatkan bentuk EKC semakin curam dan memiliki puncak lebih tinggi namun tidak secara fundamental mengubah hubungan degradasi lingkungan dan pendapatan.



BAB III**KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN****3.1 Kerangka Konseptual**

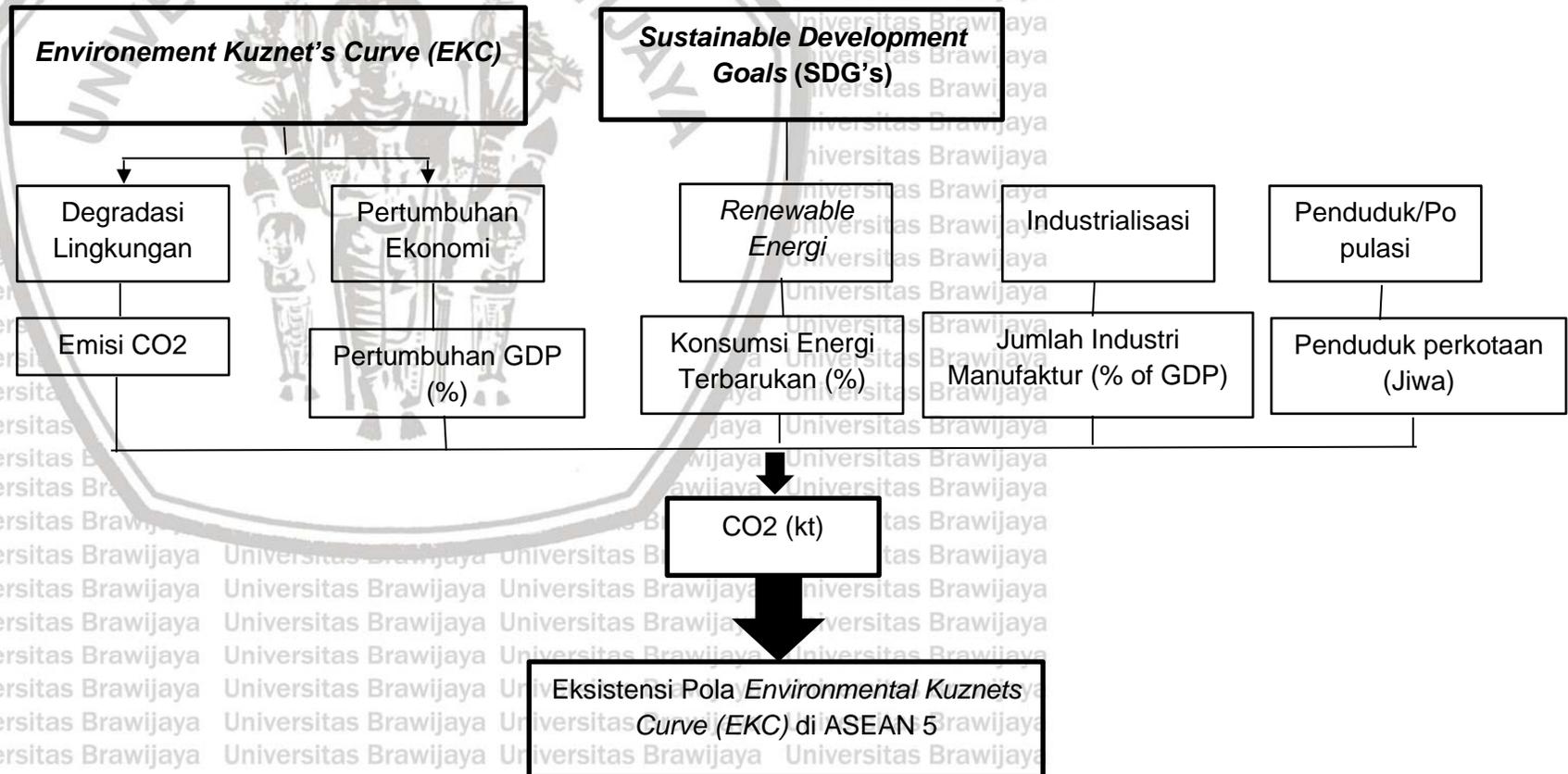
Penelitian ini didasarkan pada hipotesis Kuznet yang tercermin dalam Environment Kuznet's Curve (EKC). Pada dasarnya, EKC bertujuan untuk melihat hubungan antara degradasi lingkungan dan pertumbuhan ekonomi. Pada penelitian ini, degradasi lingkungan diproksi dengan jumlah emisi CO₂ yang dapat memicu penurunan kualitas lingkungan. Beberapa kasus menunjukkan bahwa peningkatan emisi CO₂ disebabkan oleh berbagai masalah yang kompleks dan mengarah pada penurunan kualitas lingkungan. Ditengah dinamika global yang semakin meningkat memberikan berbagai inovasi dalam mencapai pertumbuhan dan pembangunan suatu negara. Dalam hal ini, salah satu bentuk inovasi dicerminkan dalam industrialisasi untuk meningkatkan value added produksi. Namun, industrialisasi dari sisi lingkungan mayoritas memmberikan dampak negative dan berkontribusi meningkatkan degradasi lingkungan.

Selain itu, pertumbuhan penduduk juga membawa dampak yang signifikan dalam peningkatan emisi CO₂. Jumlah penduduk perkotaan yang semakin meningkat mengakibatkan konsumsi akan energi baik energi terbarukan dan energi tidak terbarukan semakin besar. Aktivitas manusia yang dominan dalam menggunakan energi memberikan dampak signifikan dalam peningkatan konsumsi energi. Namun, belum banyak negara yang mampu menciptakan energi terbarukan sebagai upaya dalam meminimalisir penggunaan energi terbarukan untuk menjaga keberlanjutan

lingkungan. Bahan bakar fosil menjadi salah satu energi tidak terbarukan yang banyak dikonsumsi oleh manusia baik untuk sektor industri, transportasi dan media mobile lainnya untuk mendorong aktivitas manusia. Dalam hal ini, kemunculan energi terbarukan sebagai alternatif dalam meminimalisir penggunaan energi yang dapat memicu peningkatan emisi CO₂ sangat menjadi urgensi bagi beberapa negara.

Penelitian ini menggunakan objek penelitian pada negara ASEAN 5 yang terdiri dari Indonesia, Malaysia, Filipina, Thailand dan Singapura. Hal ini dilatarbelakangi karena pada negara-negara tersebut memiliki kinerja besar dalam beberapa dekade lalu dalam melakukan ekspansi industrilisasi. Selain itu, ASEAN juga menjadi negara dengan pertumbuhan penduduk yang cukup besar, terlebih di Indonesia yang menjadi salah satu negara dengan jumlah penduduk perkotaan terbesar ke 5 di dunia sebesar 267 juta jiwa. Menurut data yang dirilis Worldbank, negara ASEAN 5 rata-rata mengalami peningkatan dalam hal emisi CO₂ sehingga hal ini dapat menjadi indikasi penting dalam mereduksi peningkatan emisi CO₂ dengan mengintegrasikan konsep SDGs untuk mencapai keberlanjutan pembangunan di ASEAN 5.

Gambar 3.1
Kerangka Konseptual Penelitian



3.2 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka teori dan rumusan masalah penelitian ini, maka disusun hipotesis sebagai berikut:

1. Jumlah penduduk perkotaan berpengaruh positif signifikan terhadap emisi CO₂ di ASEAN 5
2. Pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif signifikan terhadap emisi CO₂ di ASEAN 5.
3. Konsumsi energi terbarukan berpegaruh negatif signifikan terhadap emisi CO₂ di ASEAN 5.
4. Industri manufaktur berpengaruh positif signifikan terhadap emisi CO₂ di ASEAN 5.
5. Pola keterkaitan EKC berlaku di negara ASEAN 5.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder dalam bentuk data panel yang terdiri dari *time series* 2007-2016 untuk lima anggota negara ASEAN yaitu Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina dan Singapura. Rentang waktu tahun 2007-2016 yang diambil dalam penelitian dilatarbelakangi oleh fenomena industrialisasi dan liberalisasi ekonomi yang semakin meningkat pasca krisis 2008/2009 sehingga data terlihat dampaknya terhadap kondisi lingkungan dan pertumbuhan ekonomi. Data yang digunakan bersumber dari Worldbank. Pengambilan sampel lima negara ASEAN yaitu Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina dan Singapura dilatar belakanginya karena adanya pola aktivitas ekonomi yang cukup besar sehingga diidentifikasi berdampak pada kualitas lingkungan. Industrialisasi yang semakin meningkat di negara-negara tersebut akan berdampak pada peningkatan konsumsi energi yang dapat berdampak pada pencemaran emisi CO₂. Energi yang berupa bahan bakar fosil akan memengaruhi peningkatan emisi CO₂ yang akhirnya akan berdampak pada penurunan kualitas lingkungan.

4.2 Spesifikasi Model Penelitian

Penelitian mengadopsi model dari beberapa penelitian sebelumnya sebagai acuan penelitian. Integrasi variabel industrialisasi, perdagangan, penduduk dan energi terbarukan yang digunakan untuk melihat hubungan terhadap emisi CO₂ dan pertumbuhan ekonomi di negara ASEAN 5. Penelitian dari Luzati et al (2018), Sultan

et al, (2019), Chen et al (2020), Wang et al (2015) dan Hanif dan Gago-de-Santos, (2016). Dalam beberapa penelitian tersebut memproksi degradasi lingkungan dan emisi CO₂, sementara variabel lain yang dibentuk dalam model antara lain variabel konsumsi energi terbarukan, dinamika penduduk yang diproksi dengan jumlah penduduk perkotaan (jiwa), industrialisasi diproksi dengan jumlah industri manufaktur.

Spesifikasi permodelan dalam penelitian ini dari model dasar regresi sebagai berikut:

$$CO_{2it} = \beta_0 + \beta_{1it}GDP\ Growth_{it} + \beta_{2it}Urban\ Pop_{it} + \beta_{3it}Renewable\ Energy_{it} + \beta_{4it}Industry_{it} + e_{it} \quad (1)$$

Kemudian, model ditransformasikan dalam model estimasi model *panel Vector Error Correction* (VECM) sebagai berikut:

Error Correction (VECM) sebagai berikut:

$$\Delta z_{it} = \Gamma_1 \Delta z_{it-1} + \dots + \Gamma_{p-1} \Delta z_{it-p+1} + \Pi z_{it-p} + u_{it} \quad (2)$$

$$\Gamma_n = -(I - A_1 - \dots - A_n), n = 1, \dots, p - 1 \text{ dan } \Pi = -(I - A_1 - \dots - A_p) = \alpha\beta' \quad (3)$$

Dimana:

Z adalah set variabel endogen yang terdiri dari

CO₂ = jumlah emisi CO₂ (kt)

GDP Growth = pertumbuhan GDP (%)

Urban Pop = Jumlah penduduk perkotaan (jiwa)

Renewable = Energi terbarukan (%)

Industry = Industri manufaktur (%)

α adalah matrik kecepatan penyesuaian

β adalah matrik koefisien jangka panjang

4.3 Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian untuk menjawab rumusan masalah pertama adalah *Vector Error Correction Model* (VECM). Data panel digunakan karena terdapat data *time series* dan *cross section* yang terdiri dari negara ASEAN 5 (Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina dan Singapura) dengan series waktu 2007-2016. Data panel merupakan data gabungan yang terdiri dari data *time series* dan *cross section* sehingga memiliki komponen yang kompleks (Greene, 2012: 343). Suatu penelitian menggunakan data panel memiliki keuntungan yang lebih besar karena pada data panel dapat diperoleh fleksibilitas yang tinggi dalam membentuk permodelan sampel (Greene, 2012: 345).

Untuk menjawab rumusan masalah kedua maka peneliti menggunakan metode analisis deskriptif dengan menggambarkan data pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan (emisi CO₂) dalam bentuk *Environmental Kuznets Curve* (EKC).

4.3.1 *Vector Error Correction Model* (VECM)

VECM merupakan salah satu metode dari metode maximum likelihood yang menggunakan pengujian kointegrasi sebagai salah satu pengujian pra estimasinya. Dalam pengujian kointegrasi secara keseluruhan tidak diperlukan variabel tertentu yang akan dinormalisasi (Mayasami dan Koh, 1998). Hal ini dikarena dalam VECM tidak terdapat variabel eksogen dan endogen dan *a theory* sehingga tidak menggunakan landasan teori dalam penyusunan modelnya. Model ini merupakan model VAR yang biasanya terdapat beberapa data variabel yang tidak stasioner, namun memiliki kointegrasi dalam modelnya (Surjaningsih, et al, 2012).

Dalam mengestimasi model VECM terdapat uji pra estimasi yang terdiri dari uji stasioneritas data menggunakan uji unit root, uji kointegrasi dengan Johansen test, serta uji lag optimum dengan AIC untuk melihat lag optimum yang digunakan dalam melihat dinamika modelnya. Dalam model VECM dapat dideteksi hubungan jangka panjang dan jangka pendek dari model penelitian sehingga dapat disimpulkan suatu hubungan yang lebih detail. Uji kointegrasi terdapat suatu *error correction* pada deviasi terhadap keseimbangan jangka panjang yang dikoreksi melalui tahap jangka pendek (Surjaningsih, et al. 2012) hal ini yang membedakan model VECM dengan model VAR. Selain itu, sifat model yang simultan dan a theory juga memberikan kelebihan dalam memasukkan variabel dalam model tanpa dilatar belakangi oleh referensi teori terdahulu. Kelebihan lain dari model VECM selain dapat mendeteksi hubungan jangka panjang dalam model, juga dapat meminimalisir kesalahan (error) dalam jangka panjang (Yin Kuo, 2016).

1. Uji Stasioneritas Data

Uji stasioneritas data (uji root) digunakan untuk melihat kestasioneritasan data sehingga dapat diketahui pola dari stasinoeritas data. Uji ini bertujuan untuk mengamati nilai taksiran pada model. Langkah yang dilakukan ketika menemukan data yang tidak stasioner yaitu dengan melakukan diferensiasi hingga data *time series* yang digunakan menjadi stasioner dan menghasilkan estimasi yang tidak bias. Gujarati dan Porter (2009: 817) menyatakan bahwa penggunaan uji akar dengan menggunakan uji unit root Augmented Dicky-Fuller (ADF) dengan menambahkan nilai lag pada variabel dependen karena asumsi bahwa variabel gangguan tidak memiliki korelasi. Pada data panel, Breitung memilki distorsi tertinggi dan terkecil diantara

semua pengujian unit root lainnya. Perkembangan terakhir dalam literatur menunjukkan bahwa berbasis panel pengujian root unit memiliki daya yang lebih tinggi daripada pengujian root unit data time series. Unit root panel yang telah dikembangkan meliputi uji unit root Breitung, Hadri, Lin Levin Chun (LLC) dan Im Pesaran (IPS).

2. Uji Kointegrasi

Jika data sudah melewati uji uni root, maka langkah selanjutnya menerapkan analisis kointegrasi untuk menentukan hubungan jangka panjang atau jangka pendek dalam model penelitian (Mahadevan, Asafu-Adjaye, 2007). Analisis ini dilakukan dengan uji Johansen dengan tujuan untuk mengidentifikasi jumlah kointegrasi yang terjadi pada variabel yang menarik. Uji ini dilakukan dengan mengetahui nilai derajat kointegrasi yang sama antara variabel penelitian. Dalam mengidentifikasi kointegrasi, dilihat dari error term pada variabel yang tidak dipengaruhi uni root. Jika variabel memiliki tren nilai tidak terlalu berbeda antara satu dengan yang lain maka variabel tersebut terkointegrasi atau berarti memiliki hubungan jangka panjang (Rosadi, 2012).

Pandangan lain memaparkan bahwa uji kointegrasi dapat dilakukan dengan beberapa uji antara lain *Engle-Grenger* (EG), *Regression Durbin-Watson* (CDRE) dan uji Kointegrasi Johanson (Suatu model dikatakan terkointegrasi antara satu variabel dengan yang lain jika keduanya mampu berbagi kecenderungan umum (Abu-Bader dan Abu Qarn, 2007). Uji kointegrasi juga dapat mengetahui adanya kausalitas Granger namun tidak menunjukkan arah hubungannya, sehingga digunakan estimasi model VECM yang bertujuan untuk menunjukkan arah hubungan tersebut melalui koefisien. VECM tidak memiliki limitasi data dan melihat hubungan jangka pendek variabel (Pesaran, 2000).

4.4 Definisi Variabel Operasional

Definisi variabel operasional disini dimaksudkan untuk memberikan penjelasan untuk variabel yang digunakan dalam penelitian dengan proksi digunakan untuk diolah. Beberapa variabel yang digunakan antara lain:

1. Emisi CO₂ ini menunjukkan jumlah emisi yang disebabkan oleh karbon dioksida sebagai cerminan dari pencemaran lingkungan. Dalam penelitian ini, data Emisi CO₂ diproksi dari jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil dan pembuatan semen yang menggunakan bahan bakar dalam bentuk padat, cair, dan gas serta pembakaran gas. Data bersumber dari Worldbank dalam bentuk data tahunan dengan satuan (kt/ kiloton).
2. Industri manufaktur ini mengakomodir variabel industry yang banyak menggunakan energi dan gas dalam aktivitas produksinya terlebih industri manufaktur. Dalam penelitian ini, data yang digunakan pada variabel industry manufaktur diproksi dengan nilai tambah industry. Nilai tambah adalah output bersih suatu sektor setelah menjumlahkan semua output dan mengurangi input antara. Ini dihitung tanpa membuat pengurangan untuk penyusutan aset buatan atau penipisan dan degradasi sumber daya alam. Data bersumber dari Worldbank dalam bentuk data tahunan dengan satuan persen of GDP.
3. Jumlah penduduk perkotaan digunakan untuk melihat dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk perkotaan perkotaan yang mayoritas melakukan mobilitas dan aktivitas menggunakan teknologi yang akan memengaruhi penggunaan energi dan gas. Dalam penelitian ini, jumlah penduduk perkotaan perkotaan menggunakan satuan jiwa. Data bersumber dari Worldbank.

4. Energi terbarukan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data bagian dari energi terbarukan dalam total konsumsi energi final. Data dalam satuan persen dari total energy yang dikonsumsi yang bersumber dari data Worldbank.

5. Pertumbuhan ekonomi dalam penelitian ini menggunakan data GDP (*Gross Domestic Product*) dalam bentuk persen (%) dari data Worldbank.

Beberapa variabel yang digunakan dalam penelitian ini memiliki definisi secara operasional. Variabel-variabel tersebut dijabarkan dalam Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1
Definisi Operasional Variabel

No.	Simbol	Variabel	Satuan	Sumber
1	CO2	Emisi Karbon dioksida	kt	Worldbank
2	<i>GDP growth</i>	Pertumbuhan GDP proksi pertumbuhan ekonomi	%	Worldbank
3	<i>Urban Pop</i>	Jumlah penduduk perkotaan	jiwa	Worldbank
4	<i>Renewable</i>	Energi terbarukan	%	Worldbank
5	<i>Industry</i>	Industri Manufaktur	%	Worldbank

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

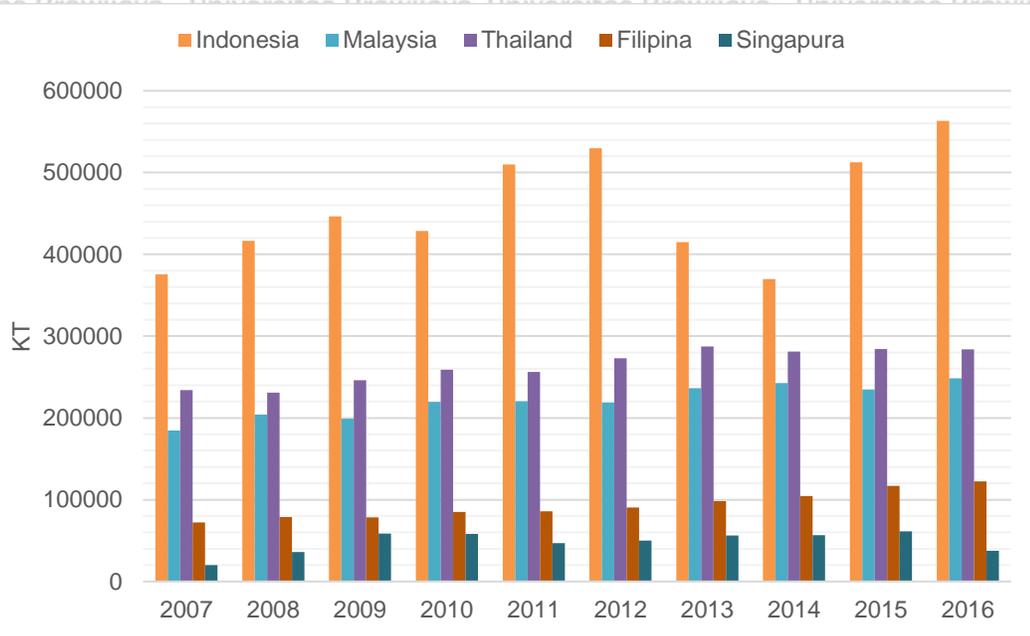
5.1 Intensitas *Greenhouse Gases* dan *Renewable Energi* di ASEAN 5

Keberlanjutan pembangunan telah menjadi agenda utama pembangunan ekonomi dunia selama beberapa dekade terakhir. Hubungan ekonomi global dan lingkungan sedang dalam penataan fundamental untuk menciptakan pertumbuhan yang berwawasan lingkungan disertai dengan integrasi konsep pembangunan berkelanjutan yang telah menjadi agenda pembangunan dunia (OECD, 2014). Salah satu kawasan regional di benua Asia yang memiliki peranan besar dalam pembangunan dan kawasan perdagangan besar di dunia, Asia Tenggara menjadi pusat perkembangan dan arus perdagangan yang berkontribusi besar dalam alur lalu lintas perdagangan dan perekonomian dunia. Asia tenggara yang masuk dalam organisasi kawasan regional ekonomi ASEAN berada pada kondisi ekonomi cukup kuat yang didukung dengan pertumbuhan ekonomi yang signifikan meningkat namun terjadi kendala jika diintegrasikan dengan konsep pembangunan berwawasan lingkungan. Pertumbuhan di kawasan ASEAN yang mayoritas bergantung pada output dari hasil eksploitasi sumber daya alam. Misalkan gas bumi, batu bara, kelapa sawit dan sebagainya yang eksploitasinya berlebihan sehingga akan berdampak pada kerusakan lingkungan.

Eksplorasi sumber daya alam yang berlebihan disertai dengan industrialisasi yang semakin meningkat di kawasan Asia Tenggara mengakibatkan efek pemanasan global sekaligus emisi CO₂ juga semakin tinggi. Hal ini juga sebagai sebuah efek

domino dari adanya globalisasi yang tidak terkonsep dengan baik dan tidak memperhatikan elemen lingkungan dalam menjaga keberlanjutannya.

Gambar 5.1
Jumlah Green House Gasses (GHG) ASEAN 5



Sumber: Worldbank, 2020

Gambar 5.1 menunjukkan kondisi pemanasan global di wilayah ASEAN 5 yang menjadi objek penelitian ini dari rentang waktu 2007-2016. Salah satu bentuk dari pemanasan global akibat adanya peningkatan emisi CO₂ yang berlebihan sehingga akan berdampak pada berbagai permasalahan lingkungan seperti perubahan iklim yang tidak terkendali, cuaca ekstrim dan sebagainya. Peningkatan emisi CO₂ cenderung meningkat di Malaysia, Thailand, Filipina dan Singapura, namun di Indonesia, justru menunjukkan fluktuasi dari tahun ke tahun. Emisi CO₂ di Indonesia memiliki angka yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan empat negara lain.

Wilayah Indonesia yang cenderung lebih luas serta jumlah penduduk perkotaan yang lebih besar diatas negara lain menjadi salah satu penyebab emisi CO2 sangat tinggi. Konsumsi energi yang disebabkan industrialiasi dan transportasi sebagai media mobilitas penduduk Indonesia yang beraktivitas menjadi kontribusi utama dalam menyumbang peningkatan emisi CO2. Pada tahun 2007, emisi CO2 di Indonesia mencapai 375.544,8 kt dan terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan hingga tahun 2012 mencapai 529.632,14 kt. Di tahun 2013-2014 menunjukkan penurunan emisi CO2 yang berarti bahwa kebijakan yang dilakukan oleh pemerintah Indonesia terkait dengan upaya mitigasi peningkatan emisi CO2 cukup menunjukkan kinerja baik. Pada tahun 2013, emisi CO2 menurun dari sebelumnya sebesar 529.632,14 kt di tahun 2012 kemudian menurun menjadi 415.012,73 kt di tahun 2013 hingga pada tahun 2014 menurun kembali 369.945,3 kt. Namun, pada tahun 2015-2016 justru mengalami peningkatan emisi CO2 kembali hingga mencapai angka 563.324,54 kt di tahun 2016. Peningkatan ini diakibatkan oleh peningkatan aktivitas manusia yang semakin meningkat sekaligus ekspansi industrialisasi di Indonesia yang semakin meluas sehingga memerlukan konsumsi energi berlebih yang berdampak pada peningkat emisi CO2.

Sama halnya dengan di Indonesia yang menunjukkan tren naik turun pada emisi CO2, di Malaysia juga menunjukkan tren naik turun. Pada tahun 2007 ke tahun 2008 mengalami peningkatan dari tingkat emisi CO2 sebesar 184.816,8 kt meningkat pada tahun 2008 menjadi 204.031,88 kt. Di tahun 2009 terjadi penurunan emisi CO2 di Malaysia dengan angka 198.876,08 kt dan kembali meningkat dari tahun 2010-2011 dengan angka 219.506,62 kt dan 220.405,04 kt. Kemudian dari tahun ke tahun

cenderung menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan hingga tahun 2014 sebesar 242.671,06 kt dan tahun 2016 mencapai 248.288,9 kt. Berbeda dengan Indonesia dan Malaysia yang cenderung menunjukkan pola fluktuatif pada pergerakan emisi CO₂, di Filipina dan Thailand cenderung menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Di Thailand, dari tahun 2007 hingga 2016 cenderung mengalami peningkatan emisi CO₂. Pada tahun 2007, emisi CO₂ di Thailand mencapai 234.027,94 kt dan mengalami peningkatan hingga 2016 mencapai 283.763,46 kt. Di Filipina pada tahun 2007 hingga 2016 juga menunjukkan peningkatan emisi CO₂ yang signifikan. Pada tahun 2007, angka emisi CO₂ di Filipina mencapai 72.170,23 kt dan mengalami peningkatan hingga 2016 mencapai 122.287,1 kt. Sementara di Singapura, cenderung menunjukkan penurunan di akhir 2016. Pada tahun 2007 hingga 2010 mengalami peningkatan di tahun 2007 mencapai 19.926,48 kt dan di tahun 2010 mencapai 58.319,97 kt. Di tahun 2011 menurun dengan angka 46.761,58 kt kemudian mengalami peningkatan pada 2012 mencapai 49.992,21 kt hingga di tahun 2015 mengalami peningkatan yang cukup signifikan hingga 61.451,59 kt dan menurun yang menandakan adanya perbaikan dalam penanganan emisi CO₂ di Singapura. Pada tahun 2016 emisi CO₂ di Singapura menurun cukup signifikan hingga 37.535,41 kt.

Berbagai kebijakan publik dilakukan dalam merespon peningkatan emisi CO₂ di berbagai negara termasuk ASEAN 5. Hal ini sebagai upaya untuk memitigasi pencemaran lingkungan sebagai akibat dari peningkatan emisi CO₂ dan menjaga pembangunan keberlanjutan dan kualitas lingkungan. Pertumbuhan ekonomi akibat aktivitas manusia untuk menghasilkan produktivitas, kesejahteraan manusia dan lingkungan merupakan kombinasi elemen yang tidak dapat dipisahkan. Dari hal

tersebut, diperlukan suatu kebijakan untuk merespon agar ketiganya dapat bersinergi dan berjalan beriringan. Berbagai kajian empiris membuktikan bahwa degradasi lingkungan yang menyebabkan penurunan kualitas lingkungan dan berdampak pada kesejahteraan dan pertumbuhan ekonomi. Berbagai masalah peningkatan emisi CO₂ disebabkan akibat polusi yang berasal dari penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan.

OECD (2014) mencatat bahwa polusi udara luar ruangan di kawasan global telah mengakibatkan hampir 200.000 kematian pada tahun 2010. Kondisi ini menjadi perhatian untuk pemangku kebijakan dalam melakukan regulasi terkait dengan pengurangan polusi udara. Berbagai paket kebijakan telah dilakukan salah satunya melalui peningkatan dalam penggunaan angkutan umum dan mengurangi angkutan pribadi. Ini bertujuan untuk mengurangi kemacetan sekaligus sebagai upaya meminimalisir dalam konsumsi energi bahan bakar yang berasal dari fosil dan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui lainnya. Selain berupaya untuk mengurangi polusi, juga digunakan untuk menjaga keberlanjutan sumber daya alam yang ada.

Salah satu kasus yang terjadi di Thailand selain peningkatan emisi CO₂ dari tahun ke tahun, juga terjadi eksploitasi sumber daya alam yang dapat berdampak pada keberlanjutan makhluk hidup dan lingkungan. Eksploitasi pada sektor perikanan melalui budidaya udang di Thailand berdampak terhadap 50-60% hutan bakau yang menjadi pelindung pantai. Kondisi ini memberikan peluang besar untuk terjadinya risiko banjir. Masalah deforestasi juga menimbulkan banyak hutan gundul sehingga mengakibatkan bencana banjir yang menyebabkan banyak kerugian di Thailand.

Konsep pembangunan berkelanjutan untuk mencapai pertumbuhan berkelanjutan juga berlaku dalam jangka panjang. Integrasi konsep pembangunan berkelanjutan dalam pembangunan suatu negara menjadi prioritas sekaligus dapat memitigasi berbagai permasalahan pembangunan seperti kemiskinan, ketimpangan, dan degradasi lingkungan. Upaya yang telah banyak dilakukan untuk mencapai pertumbuhan dan pembangunan berkelanjutan antara lain melalui peningkatan akses energi bersih, layana air dan transportasi dengan infrastruktur yang ramah lingkungan dan efisien. Selain itu, dapat dilakukan dengan *back to green* dengan aktivitas yang mendukung ramah lingkungan sehingga akan memitigasi polusi udara dan masalah.

Kawasan Asia tenggara dan Pasifik menjadi salah satu pangsa pasokan sumber daya alam dan ekanekaragaman hayati dunia (Roberts et al, 2002). Kondisi ini yang menjadi kelebihan sekaligus sebagai sinyal dalam penggunaan sumber daya tersebut. Keberadaan hutan yang luas menjadi salah satu unsur terpenting dalam menjaga pasokan oksigen dunia. Negara yang menjadi paru-paru dunia adalah Indonesia yang memiliki wilayah hutan terbesar di dunia sehingga pasokan oksigen dunia tersedia di hutan Indonesia. Hal ini menjadi sangat penting untuk diperhatikan terlebih untuk menjaga keberlanjutan hutan Indonesia untuk menjaga pasokan oksigen dunia agar tetap ada dan berkelanjutan. Selain itu, segitiga terumbu karang terletak di wilayah Asia antara Indonesia, Malaysia, Filipina. Selain itu juga terdapat di wilayah Papua Nugini, Kepulauan Solomon dan Timor Leste. Keberadaan terumbu karang ini juga menjadi salah satu keunggulan dan menjaga ekosistem bumi karena hampir 76% wilayah ini menjadi tempat spesies karang dunia yang menjadi kekayaan biologis dan ekonomis dari kekayaan laut dunia (Suuronen et al, 2013). Ini juga

menjadi peluang strategis dalam meningkatkan pertumbuhan melalui potensi laut dengan tetap menjaga keberlanjutannya.

Strategi untuk mencapai pertumbuhan hijau menawarkan alternatif untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. Semakin meningkatnya kemajuan teknologi memberikan dampak yang besar terhadap ancaman lingkungan jika tidak diimbangi dengan analisis lingkungan yang benar dan baik. Pertumbuhan yang semakin meningkat secara ekonomis saja dan tidak inklusif dalam berbagai aspek akan rentan terhadap berbagai kemungkinan bencana alam. Hal ini disebabkan produktivitas yang tinggi tanpa memerhatikan dampak lingkungan justru akan meningkatkan emisi CO₂, eksploitasi sumber daya alam yang berlebih yang pada akhirnya akan meningkatkan polusi dan emisi global yang akan mempercepat perubahan iklim dan dampak negative terhadap kondisi lingkungan.

Konsep pembangunan berwawasan lingkungan juga telah ditekankan sejak tahun 2009 lalu (ASEAN secretary, 2017) yang menekankan pembangunan inklusif berbasis lingkungan. Konsep ini membawa dampak kinerja yang cukup signifikan ditunjukkan dengan kawasan ASEAN yang telah banyak mengalami perubahan signifikan dari sisi ekonomi, aspek sosial-demografi serta lingkungan. Akumulasi GDP ASEAN sebesar US \$ 2,4 triliun pada tahun 2010 dan menjadi kekuatan ekonomi terbesar ke enam dunia. Pertumbuhan ekonomi di ASEAN telah stabil sekitar 5% setiap tahun sejak 2010, pasca pemulihan dari krisis keuangan global dan regional pada tahun 2008. Dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata 7%, Kamboja, Laos, Myanmar dan Vietnam (CLMV) mengungguli ASEAN dalam pembangunan ekonomi.

Kemajuan Masyarakat Ekonomi ASEAN pada tahun 2015, di mana ASEAN bergerak menuju pasar tunggal dan basis produksi yang kompetitif secara global, dengan arus bebas barang, jasa, tenaga kerja, investasi, dan modal di 10 Negara Anggota ASEAN, semakin meningkat. meningkatkan arus perdagangan dan investasi di wilayah tersebut. Selain itu, dari aspek demografi, ASEAN juga mengalami peningkatan dari sisi kuantitas jumlah penduduk perkotaan secara umum. Jumlah penduduk perkotaan ini mengalami peningkatan yang dikonfirmasi dengan meningkatnya jumlah penduduk perkotaan dari 544,4 juta orang pada tahun 2004 menjadi 628,9 juta orang pada tahun 2015. Peningkatan jumlah penduduk perkotaan ini disertai dengan perluasan wilayah perkotaan yang pesat. Penduduk perkotaan di ASEAN berjumlah sekitar 47% dari total penduduk dan diperkirakan akan mencapai 63% pada tahun 2050. Beberapa negara seperti Singapura, Brunei Darussalam, dan Malaysia telah mengalami urbanisasi tinggi, yang dikonfirmasi dengan lebih dari 75% penduduk tinggal di daerah perkotaan. Sedangkan Indonesia dan Thailand justru berbeda karena didominasi oleh penduduk yang berada di pedesaan pada tahun 2010, namun kondisi saat ini berbeda. Hampir dari separuh jumlah penduduk perkotaan di Indonesia dan Thailand berada di daerah perkotaan. Kondisi ini yang mengakibatkan urbanisasi besar akan menimbulkan berbagai permasalahan yang lebih kompleks.

Analisis keadaan atmosfer di kawasan ASEAN mengungkapkan bahwa tingkat polusi udara di kawasan tersebut meningkat dengan sektor energi yang menjadi penyumbang emisi CO₂ terbesar. Kondisi ini akan semakin meningkat dan diperkirakan tingkat emisi CO₂ terkait energi dapat meningkat di kawasan ASEAN

sebesar 61% dari 2014 hingga 2025 (ASEAN Secretary, 2017). Arus urbanisasi yang semakin meluas dan signifikan terjadi diberbagai negara juga dapat menjadi indikator penyebab utama dari gas rumah kaca. Penggunaan bahan gas yang menjadi salah satu modal utama dalam melakukan aktivitas khususnya di wilayah perkotaan memberikan dampak yang besar dalam permasalahan degradasi lingkungan seperti peningkatan poluasi udara, emisi CO₂, yang pada akhirnya akan berdampak pada kualitas lingkungan serta kesehatan.

Sistem pertanahan ASEAN mencatat bahwa selama kurun waktu 1990-2012 bahwa kawasan ASEAN mengalami penurunan tutupan hutan terutama untuk perluasan kawasan hutan perkebunan komersial (karet dan kelapa sawit). Hutan gambut dan mangrove merupakan tipe hutan yang paling rentan dan menghilang lebih cepat dari tipe hutan lainnya. Ini menjadi perhatian penting untuk mitigasi perubahan iklim karena kapasitas penyerapan karbon yang tinggi dari tipe-tipe hutan ini. Erosi tanah dan hilangnya kesuburan tanah akibat konversi hutan terus menjadi perhatian mendesak yang perlu ditangani dalam kebijakan lingkungan. Oleh karena itu, sangat diperlukan berbagai kajian dan studi terbaru tentang status tanah di wilayah tersebut.

Kawasan ASEAN sebagai kontributor utama keanekaragaman hayati global, yang terdiri dari empat dari 34 titik utama keanekaragaman hayati dunia. Biota dan ekosistem dari semua jenis keanekaragaman hayati tersebut berada di bawah ancaman di wilayah ini dari berbagai tekanan termasuk deforestasi dan perubahan penggunaan lahan lainnya. Ancaman dari eksistensi biota dan ekosistem ini juga akibat dari degradasi dan perubahan habitat, spesies asing invasif, erosi genetik, dan eksploitasi berlebihan spesies satwa liar tertentu.

Pembangunan negara-negara anggota ASEAN yang didorong pertumbuhan ekonomi mendorong sebagian besar peningkatan eksploitasi sumber daya alam dan menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati. Hilangnya keanekaragaman hayati dan degradasi ekosistem memiliki dampak besar pada mata pencaharian masyarakat, ketahanan pangan, dan kesejahteraan di wilayah tersebut. Pentingnya ekosistem dan konservasi keanekaragaman hayati semakin diakui di wilayah tersebut dengan adanya berbagai regulasi dan langkah baik di tingkat internasional, regional dan nasional untuk menanggapi hilangnya keanekaragaman hayati dan degradasi ekosistem. Sementara itu, dari sisi pasokan air yang mengalami tekanan akibat permintaan yang semakin tinggi sementara pasokan air yang mengalami penurunan akibat berbagai permasalahan lingkungan. Diperkirakan, permintaan air akan meningkat sekitar sepertiga pada tahun 2025 dan dua kali lipat selama paruh kedua abad ke-21, yang mengakibatkan peningkatan tekanan air dan ketidakamanan air di seluruh kawasan ASEAN. Permasalahan ini juga direspon cukup baik dengan berbagai kebijakan seperti peningkatan akses untuk fasilitas air minum dan sanitasi yang aman, kecuali Kamboja dan Indonesia di mana sekitar setengah dari penduduknya masih kekurangan akses ke air minum yang aman.

Ancaman utama terhadap ketersediaan air dan kualitas air di sebagian besar wilayah ASEAN adalah pengelolaan, koordinasi, dan kesadaran yang buruk (ASEAN Secretary, 2017). Pembangunan kota yang cepat dan perencanaan tata ruang yang buruk menyebabkan perambahan lingkungan terbangun ke dalam daerah rawan banjir dan degradasi daerah tangkapan yang serius. Perubahan iklim menambah tingkat ketidakpastian ketersediaan air dan menyebabkan peningkatan frekuensi dan

intensitas banjir dan kekeringan ekstrim di wilayah tersebut. Hal ini juga menyebabkan perubahan rezim aliran sungai, hilangnya lahan basah dan dataran banjir, dan intrusi salinitas di delta sungai karena kenaikan permukaan laut. Tingkat pengolahan air limbah yang rendah untuk penduduk yang terus bertambah, serta pembuangan limbah pribadi dan industri, mencemari berbagai sumber air dan sangat mengurangi kualitas air tawar, yang menyebabkan peningkatan risiko kesehatan manusia dan lingkungan. Ekosistem utama seperti terumbu karang, bakau, dan padang lamun terancam oleh eksploitasi berlebihan dan perubahan iklim.

Perkembangan laut semakin memengaruhi kesehatan laut; Pencemaran sampah laut adalah masalah serius di samping perubahan iklim dan penangkapan ikan yang berlebihan. Perubahan iklim dan kenaikan permukaan laut selanjutnya akan berdampak besar pada produktivitas pantai dan lautan di ASEAN, yang mempengaruhi kesejahteraan penduduk pesisir. Sementara kemiskinan di antara penduduk pesisir yang meningkat terus menjadi perhatian yang signifikan. Untuk melestarikan sumber daya pesisir, inovasi regional yang sedang berlangsung dalam pengelolaan kawasan perlindungan laut, suaka larang tangkap, dan pengelolaan sumber daya pesisir berbasis masyarakat berpotensi membalikkan tren ini. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi yang pesat di ASEAN, pola produksi dan konsumsi menunjukkan tren yang semakin tidak berkelanjutan di seluruh kawasan ASEAN. Meskipun efisiensi dan produktivitas meningkat, pengelolaan limbah dan bahan kimia yang lebih baik diperlukan di seluruh kawasan ASEAN.

Tahun 2018, pertumbuhan total emisi mencapai 51,8 gigaton Oliver dan Peters (2020) dengan pertumbuhan tahunan rata-rata yang lebih rendah yaitu 1,3% dan

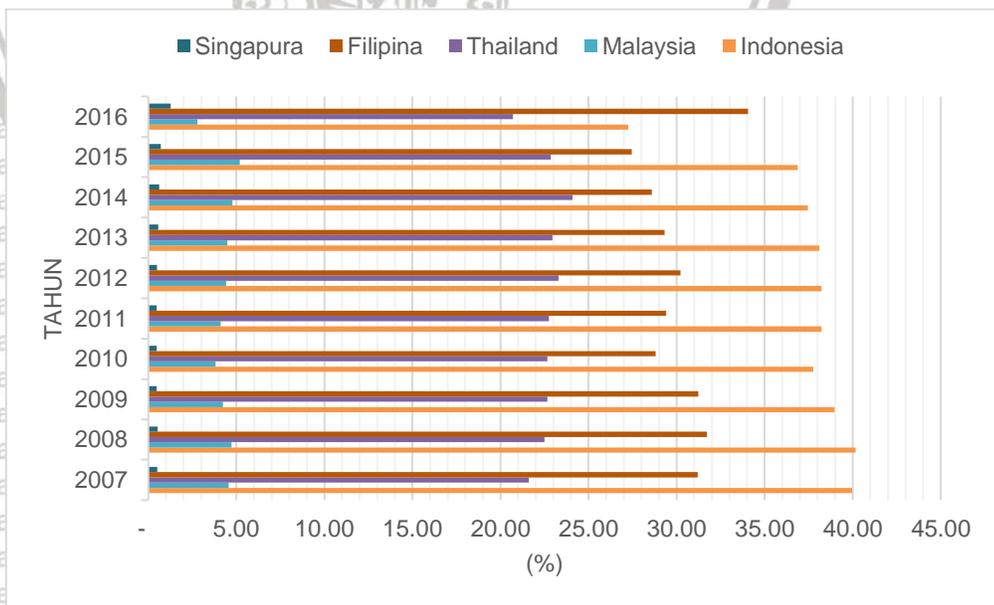
dibandingkan dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata yang jauh lebih tinggi yaitu 2,5% pada dekade pertama abad ini. Peningkatan ini terjadi sementara 3,4% pertumbuhan ekonomi global pada tahun 2018, berlanjut pada rata-rata tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 3,4% sejak tahun 2012. Emisi CO₂ diluar dari pencemaran lahan, mencapai 57% lebih tinggi dari periode 1990 dan 43% lebih tinggi dibandingkan periode 2000. Peningkatan emisi setiap dekadanya mencerminkan bahwa kebijakan terkait mitigasi peningkatan emisi CO₂ belum berjalan dengan maksimal. Pada tahun 2018, emisi CO₂ dan pencemaran penggunaan lahan jika diakumulasikan mencapai 55,6 gigaton. Pada 2018, suhu di sebagian besar dunia lebih hangat jauh lebih diatas rata-rata. Rekor suhu hangat diukur di sebagian besar Eropa, Timur Tengah, Selandia Baru dan sebagian Asia. Gelombang panas dengan intensitas dan durasi yang belum pernah terjadi sebelumnya melanda Eropa, dari tanggal 18-22 April. Perancis, Jerman dan Swiss mengalami tahun terpanas sejak pencatatan nasional dimulai. Belanda mengalami tahun terpanas kedua dalam catatan (dengan 2014 menjadi tahun rekor suhu panas tertinggi). Penyimpangan dari tingkat suhu global rata-rata adalah 0,97 oC di atas rata-rata 1880–1900, sedikit di bawah tahun-tahun 2015–2017 (NOAA, 2019).

Laju pertumbuhan tahunan sebesar 2,0% pada tahun 2018 dua kali lebih tinggi dari pertumbuhan rata-rata sejak 2012, ketika rata-rata pertumbuhan emisi gas rumah kaca juga sebesar 1,0% per tahun. Pada tahun 2003, pertumbuhan emisi gas rumah kaca global meningkat menjadi 3,9% dan tetap tinggi selama tahun 2007, yang terkait dengan industrialisasi yang pesat di Tiongkok, sejak negara tersebut menjadi anggota Organisasi Perdagangan Dunia. (WTO). Peningkatan suhu sebagai akibat dari

peningkatan emisi CO2 ini memiliki kaitan besar dengan industrialisasi yang semakin tinggi terjadi sekaligus dari sisi perdagangan.

Bentuk upaya alternatif dalam memitigasi permasalahan lingkungan dapat dilakukan dengan menciptakan energi terbarukan. Keberadaan energi terbarukan ini bertujuan untuk meminimalisir eksploitasi sumber daya yang digunakan sebagai bahan energi yang tidak dapat diperbarui. Selain itu, keberadaan sumber daya untuk energi terbarukan juga dapat meminimalisir terciptanya peningkatan polusi udara dan berbagai permasalahan degradasi lingkungan. Pada dasarnya, energi terbarukan ini bersumber dari proses alam yang dapat dilakukan dan dijaga keberlanjutannya seperti energi matahari, energi udara, energi angin yang dapat menjadi alternatif solusi dalam mengurangi penggunaan bahan bakar fosil

Gambar 5.2
Perkembangan Konsumsi Energi Terbarukan di ASEAN 5



Sumber: Worldbank, 2020

Di berbagai negara telah banyak dilakukan suatu upaya untuk menciptakan energi terbarukan untuk alternatif dalam penggunaan energi fosil dan sebagainya salah satunya di wilayah ASEAN yang diketahui menjadi salah satu pors aktivitas perekonomian dunia. Gambar 4.2 menunjukkan upaya penggunaan energi terbarukan di negara ASEAN 5. Sama halnya dengan komponen emisi CO₂ di Indonesia, upaya dalam menggunakan energi terbarukan di Indonesia juga tinggi dibandingkan dengan 4 negara lainnya. Energi terbarukan di Indonesia juga mengalami fluktuasi yang ditunjukkan dengan tren naik dan turun. Pada tahun 2007 ke 2008 menunjukkan peningkatan konsumsi energi terbarukan dari 39,97% meningkat menjadi 40,16%. Namun karena keterbatasan pasokan energi terbarukan dibandingkan dengan permintaan dalam pemenuhan kebutuhan oleh masyarakat, maka terjadi penurunan dari tahun 2009-2010 menjadi 38,97% di tahun 2009 dan menurun kembali di tahun 2010 menjadi 37,75%. Di tahun 2011 menunjukkan peningkatan menjadi 38,23% dan stagnan di tahun 2012 dengan angka yang sama. Kemudian di tahun 2013-2016 menunjukkan penurunan 38,11% di tahun 2011 yang terus menunjukkan penurunan hingga pada tahun 2016 mencapai angka 27,26%.

Kondisi yang sama juga ditunjukkan pada negara Malaysia, Thailand dan Filipina dalam penggunaan energi terbarukan. Pada tahun 2007, konsumsi energi terbarukan di Malaysia mencapai 4,56% dan meningkat di tahun 2008 mencapai 4,73%. Di tahun 2009-2010 menunjukkan penurunan yang cukup signifikan dalam penggunaan energi terbarukan di Malaysia masing-masing 4,23% di tahun 2009 dan menurun kembali pada tahun 2010 di angka 3,82%. Di tahun 2011-2015, kembali mengalami peningkatan dalam konsumsi energi terbarukan di Malaysia menjadi

4,11% dan terus meningkat hingga di tahun 2012 mencapai 4,41% dan tahun 2013 mencapai 4,49%. Kemudian pada tahun 2014-2015 menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan dalam konsumsi energi terbarukan mencapai angka 4,77% pada 2014 dan 5,19% pada tahun 2015. Namun, pada tahun 2016, konsumsi energi terbarukan mengalami tren penurunan yang sangat signifikan besar hingga mencapai angka 2,78%. Kondisi ini mengkonfirmasi bahwa kestabilan dalam penggunaan energi terbarukan masih belum dapat diimbangi dengan pasokan energi terbarukan yang tersedia.

Di Thailand juga menunjukkan fluktuasi tren naik turun dalam penggunaan energi terbarukan. Pada tahun 2007-2012 terjadi peningkatan dalam penggunaan energi terbarukan di Thailand. Dari tahun 2007 mencapai 21,61% kemudian meningkat pada 2008 sebesar 22,49% dan meningkat setiap tahunnya hingga 2012 mencapai 23,29%. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa pasokan energi terbarukan di Thailand mampu mengimbangi kebutuhan energi sebagai pengganti bahan bakar dan sebagainya yang dapat memicu peningkatan degradasi lingkungan.

Sementara itu, di tahun 2013 terjadi penurunan dalam penggunaan energi terbarukan menurun hingga angka 22,94%. Pada tahun 2014 menunjukkan peningkatan kembali dalam penggunaan energi terbarukan Thailand mencapai angka 24,10%. Namun pada tahun 2015-2016 justru mengalami penurunan penggunaan energi terbarukan masing-masing di angka 22,86% pada 2015 dan menurun cukup drastis di tahun 2016 mencapai 20,71%.

Di Filipina juga menunjukkan fluktuasi penggunaan energi terbarukan pada tahun 2007-2008 mengalami peningkatan masing-masing mencapai 31,20% dan

31,73% di 2008. Namun pada tahun 2009-2010 justru terjadi penurunan di angka 31,22% pada 2009 dan 28,81% pada 2010. Di tahun 2011-2012 berbalik menunjukkan peningkatan masing-masing mencapai angka 29,40% pada 2011 dan 30,22% pada 2012. Namun di tahun selanjutnya hingga 2015 terus menunjukkan penurunan dalam konsumsi energi terbarukan di Filipina hingga mencapai 27,45%.

Berbeda dengan Indonesia, Malaysia dan Thailand yang cenderung mengalami fluktuasi dalam penggunaan energi terbarukan, di Singapura justru menunjukkan kinerja yang positif. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.2 dengan pergerakan yang meningkat setiap tahunnya dalam penggunaan energi terbarukan Singapura. Di tahun 2007 mencapai 0,50% penggunaan energi terbarukan dan terus menunjukkan peningkatan hingga tahun 2016 mencapai 1,26%. Kondisi ini mengkonfirmasi bahwa Singapura memiliki kinerja baik dalam menciptakan energi terbarukan yang digunakan untuk mencukupi kebutuhan energi yang berasal dari bahan bakar fosil dan sebagainya yang dapat memicu peningkatan degradasi lingkungan dan emisi CO₂.

Pada tahun 2018, pasar energi terbarukan relatif stabil, selain itu sebesar 181 gigawatt (GW) tenaga terbarukan ditambahkan kecepatannya dan konsisten dibandingkan dengan 2017. Selain itu, upaya dalam memitigasi peningkatan emisi dan degradasi lingkungan juga didukung dengan upaya berbagai negara dalam mengintegrasikan energi terbarukan dalam alih konsumsi energi yang semakin meningkat. Kemajuan ini terkonsentrasi pada sektor tenaga listrik, karena energi terbarukan identik dalam penggunaan energi listrik yang mayoritas digunakan oleh

manusia dalam menjalankan aktivitasnya. Energi terbarukan menyediakan sekitar lebih dari 26% listrik global yang didukung dan didorong oleh kebijakan yang stabil.

Menurut *Finance and Development* (2018) bahwa sebagian besar wilayah Asia tenggara yang didominasi oleh wilayah pantai sehingga memiliki garis pantai terpanjang sekaligus dataran rendah yang memiliki kepadatan penduduk tinggi.

Kondisi ini yang mengakibatkan wilayah di kawasan ini sangat rentan dalam menghadapi cuaca ekstrim. Selain itu, naiknya permukaan air lain yang berkaitan dengan pemanasan global juga menjadi pemicu utama munculnya berbagai masalah lingkungan dan bencana alam. Selain itu, suhu rata-rata di Asia Tenggara telah meningkat setiap dekade sejak 1960. Berdasarkan Indeks Risiko Iklim Global yang disusun oleh Germanwatch, kelompok lingkungan beberapa negara antara lain Vietnam, Myanmar, Filipina, dan Thailand termasuk di antara 10 negara di dunia yang paling terpengaruh oleh perubahan iklim dalam 20 tahun terakhir. Sementara erut World Bank berdasarkan perhitungannya, Vietnam menjadi negara yang berpotensi terkena dampak pemanasan global di masa depan. Dampak ekonominya bisa sangat merusak. Menurut Asian Development Bank (ADB) bahwa Asia tenggara menjadi kawasan yang sebagian besar akan mengalami kerugian. Dalam upaya pengendalian iklim juga memerlukan pengeluaran anggaran dan diperkirakan akan memangkas sebesar 11 % dari GDP kawasan ini.

1.2 Determinasi Hubungan Degradasi Lingkungan dan Pertumbuhan Ekonomi

5.2.1 Uji Stasioneritas dan Kointegrasi

Penelitian ini menggunakan model panel *Vector Error Correction Model* (VECM) untuk melihat respon antar variabel sekaligus melihat hubungan jangka

panjang dan jangka pendek. Beberapa pengujian dalam tahapan estimasi VECM antara uji stasioneritas data (uji *unit root*), uji kointegrasi, uji *impulse response function* (IRF) dan estimasi VECM. Stasioneritas terkait dengan konsistensi pergerakan data *time series*.

Data yang stasioner jika nilai rata-rata dan varian konstan sepanjang waktu diikuti nilai varian antar dua periode hanya tergantung pada jarak. Data yang stasioner akan bergerak stabil dan konvergen di sekitar nilai rata-rata dengan deviasi yang kecil tanpa pergerakan tren positif atau negatif. Data yang tidak stasioner menghasilkan *spurious regression* (Wardhono, et al. 2019). Uji akar-akar unit digunakan untuk mengamati apakah koefisien tertentu dari model otoregresif yang ditaksir memiliki nilai satu atau tidak. Tabel 5.1 adalah uji stasioneritas variabel menggunakan *Augmented Dickey Fuller test*.

Tabel 5.1
Uji Stasioneritas Data

Variabel	Level I(0)	Integrasi Pertama I(1)	Integrasi Kedua I(2)
Emisi CO2	0.1169	0.0163*	0.0001*
Industri Manufaktur	0.6746	0.9549	0.0076*
Jumlah penduduk perkotaan	0.0968*	0.0000*	0.0000*
Energi Terbarukan	0.5578	0.0005*	0.0015*
Pertumbuhan Ekonomi	0.9874	0.2677	0.0579*

Keterangan: *) Menolak Hipotesis Nol pada $\alpha=5\%$

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa pada derajat level I(0) hanya variabel jumlah penduduk perkotaan yang signifikan atau stasioner pada $\alpha=5\%$, sedangkan variabel lainnya tidak stasioner yang berarti masih mengandung akar unit. Karena seluruh

variabel tidak stasioner pada derajat yang sama, maka perlu dilakukan uji derajat integrasi pertama. Pada uji derajat integrasi I(1) variabel industri dan pertumbuhan ekonomi tidak menolak hipotesis nol yang berarti tidak stasioner, sedangkan variabel lainnya stasioner. Karena seluruh variabel belum stasioner pada derajat I(1) maka dilakukan uji derajat integrasi kedua I(2) dan seluruh variabel stasioner pada derajat I(2).

Selanjutnya, untuk melihat keterkaitan hubungan jangka panjang dengan menggunakan uji kointegrasi Johansen dengan membandingkan nilai *trace statistic* dengan nilai kritis. Jika nilai *trace statistic* memiliki nilai lebih besar dari nilai kritisnya, maka model memiliki hubungan jangka panjang, dan sebaliknya. Jumlah keterkaitan kointegrasi dalam sistem permodelan menggunakan kriteria *trace statistics* dan *maximum eigenvalue*.

Tabel 5.2
Uji Kointegrasi Johansen

<i>LR Test</i>	Null	Alternatif	<i>Eigen Value</i>	<i>Trace Statistic</i> atau <i>Max. Eigen Statistic</i>	<i>Prob. Value**</i>
<i>Trace Statistic</i>	r = 0	r = 1	0.785822	107.7275	0.0000*
	r ≤ 1	r = 2	0.706314	61.49904	0.0016*
	r ≤ 2	r = 3	0.357888	24.74173	0.1709
	r ≤ 3	r = 4	0.307729	11.45195	0.1852
	r ≤ 4	r = 5	0.013856	0.418601	0.5176
<i>Maximum Eigen Value</i>	r = 0	r = 1	0.785822	46.22844	0.0011*
	r ≤ 1	r = 2	0.706314	36.75731	0.0025*
	r ≤ 2	r = 3	0.357888	13.28978	0.4259
	r ≤ 3	r = 4	0.307729	11.03335	0.1526
	r ≤ 4	r = 5	0.013856	0.418601	0.5176

Keterangan : *) menolak hipotesis nol pada $\alpha = 1\%$

Berdasarkan hasil *Johansen Cointegration test*, nilai *trace statistic* dan *maximum eigen value* menunjukkan hipotesis nol ditolak pada $\alpha=5\%$ dengan jumlah

keterkaitan (*rank*) adalah dua. Hasil ini menunjukkan bahwa seluruh variabel yakni emisi CO₂, industrialisasi, jumlah penduduk perkotaan, energi terbarukan dan pertumbuhan ekonomi memiliki keterkaitan jangka panjang.

5.2.2 Estimasi Jangka Panjang dan Jangka Pendek Keterkaitan Degradasi Lingkungan dan Pertumbuhan Ekonomi

Pola dinamis keterkaitan antara emisi CO₂ (degradasi lingkungan) dengan beberapa indikator yakni pertumbuhan ekonomi, energi terbarukan, pertumbuhan jumlah penduduk perkotaan dan pertumbuhan sektor industri ditunjukkan oleh hasil estimasi panel *Vector Error Correction Model* (panel VECM). Estimasi dengan panel VECM dapat mengidentifikasi pola keterkaitan dalam jangka panjang dan jangka pendek. Keterkaitan jangka panjang menunjukkan hubungan struktural antara emisi CO₂ sebagai proksi degradasi lingkungan dengan variabel industri, jumlah penduduk perkotaan, energi terbarukan dan pertumbuhan ekonomi sebagaimana dalam teori.

Tabel 5.3
Estimasi Jangka Panjang Panel VECM di ASEAN 5

Variabel	Koefisien	t-hitung
Industri Manufaktur	12368.62	1.66986
Jumlah penduduk perkotaan	0.009571	3.28607*
Energi Terbarukan	-59706.32	-5.70706*
Pertumbuhan Ekonomi	289.6950	0.12123

Keterangan: Variabel Dependen: Emisi CO₂
 (*) signifikan pada $\alpha=5\%$; t tabel 1,67943 ($\alpha=5\%$; df= 45)
 Noted: df diperoleh dari jumlah observasi (n) dikurangi jumlah variabel (50-5=45) sehingga df=45.

Tabel 5.3 menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, jumlah penduduk perkotaan dan konsumsi energi terbarukan berpengaruh signifikan terhadap emisi

CO₂ di ASEAN 5. Hasil ini ditunjukkan dengan nilai t-hitung yang lebih besar dari nilai t table pada $\alpha=5\%$, df.45, yang berarti hipotesis nol ditolak. Peningkatan jumlah penduduk perkotaan mempengaruhi peningkatan emisi CO₂, *vice versa*. Jumlah penduduk perkotaan yang mengikuti pola deret ukur diikuti oleh mobilitas aktifitas sosial ekonomi yang semakin masif dan bahkan tanpa mengenal batas antar negara.

Beragam aktifitas memengaruhi dampak lanjutan terhadap pola produksi dan konsumsi terhadap penggunaan energi. Perkembangan sektoral dalam pemenuhan kebutuhan pembangunan diikuti oleh pola perilaku antara tujuan pencapaian pertumbuhan dan pengorbanan terhadap lingkungan. Salah satu penggunaan energi yang cukup besar adalah dalam transportasi yakni energi bahan bakar fosil yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂ polusi udara. Konsumsi energi rumah tangga juga banyak terjadi pada penggunaan peralatan elektronik yang menghasilkan emisi CO₂ secara tidak langsung. Begitupun dengan aktifitas industry yang padat energi menambah deret Panjang permasalahan energi di Kawasan ASEAN. Pertambahan jumlah penduduk perkotaan perlu diimbangi oleh kebijakan pembangunan hijau secara berkelanjutan yang ramah lingkungan dan inovasi dalam mencari sumber-sumber energi alternatif yang terbarukan.

Energi terbarukan sangat penting dalam menjaga ketersediaan energi di dunia seperti tenaga surya, angin, air, proses biologi dan panas bumi. Energi terbarukan adalah energi berkelanjutan yang ketersediaannya tidak akan habis karena disediakan oleh alam dalam jangka waktu relative sangat panjang. Berdasarkan hasil estimasi jangka panjang model, konsumsi energi terbarukan signifikan secara statistik yang ditunjukkan oleh nilai t-hitung yang lebih besar dari nilai t tabel pada $\alpha=5\%$, df.46,

yang berarti hipotesis nol ditolak. Pola hubungan antara emisi CO₂ dan energi terbarukan adalah berkebalikan yang berarti adanya kenaikan konsumsi energi terbarukan akan diikuti oleh penurunan emisi CO₂, *vice versa*. Pola ini ditentukan oleh pengelolaan energi terbarukan secara berkelanjutan.

Energi terbarukan menjadi agenda penting bagi pemerintah di Kawasan ASEAN untuk periode mendatang. Salah satu determinan penting dalam menjaga energi terbarukan adalah melalui inovasi teknologi dalam pengembangan energi terbarukan. Dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang meningkat menyebabkan kebutuhan konsumsi energi mengalami kenaikan yang cukup signifikan diperkirakan mencapai 4,7% per tahun hingga tahun 2034. Kawasan ASEAN bahkan telah menetapkan 23% energi terbarukan melalui penyebaran energi Kawasan di tahun 2025. Filipina merupakan salah satu negara yang mampu menurunkan belanja penggunaan listrik dengan menggunakan energi atap surya. Beragam alternatif energi terbarukan seperti matahari, angin, hidro, panas bumi dan biogas menjadi pilihan kompetitif yang mampu menciptakan energi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Sehingga inovasi pemanfaatan sumberdaya alam sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi yang semakin tinggi.

Keberlanjutan energi terbarukan atau dekarbonisasi menuju energi bersih juga tak lepas dari dukungan investasi energi melalui Kerjasama internasional. Seperti Kerjasama antara Bank Dunia, Bank Pembangunan Asia (ADB) dan Bank Jepang. Hal ini mengingat peralihan energi memerlukan dukungan skema keekonomian yang juga menarik. ADB telah bekerjasama dengan sector swasta untuk memitigasi berbagai hambatan investasi dan juga intensifikasi pembiayaan pembangkit dan

penyalur energi terbarukan. Berikut adalah beberapa inovasi yang dilakukan oleh ADB dalam mendukung pertumbuhan rendah karbon.

1. Peran serta sektor swasta dimana pada tahun 2019 sekitar 26% transaksi sektor fokus pada energi bersih dengan nilai \$346 juta.
2. Penurunan emisi gas rumah kaca hingga 18,3 juta metrik ton ekuivalen karbon dioksida.
3. Pengembangan teknologi yang lebih inklusif. ADB mengembangkan pembangkit listrik tenaga angin 10 MW di Thailand melalui penyimpanan energi dengan baterai yang memungkinkan cadangan dari setiap residu energi.

Beberapa negara anggota ASEAN telah mengumumkan target mitigasi, termasuk Indonesia (pengurangan emisi sebesar 26% dari business as usually (BAU) pada tahun 2020, dan dapat ditingkatkan menjadi 41% dengan bantuan internasional yang ditingkatkan), Malaysia (pengurangan 40% dalam dari segi intensitas energi PDB pada tahun 2020 dibandingkan dengan tingkat tahun 2005), Filipina (menyimpang 20% dari BAU jalur pertumbuhan emisinya), dan Singapura (pengurangan emisi 16% di bawah BAU pada tahun 2020). Selain itu, regulasi dalam memperkuat kapasitas adaptasi melalui pengarusutamaan adaptasi perubahan iklim dalam perencanaan pembangunan. Ini dilakukan untuk menghindari kemungkinan terburuk dari akibat yang diperoleh akibat masalah lingkungan seperti banjir, longsor, polusi udara, kebakaran hutan dan sebagainya.

Sementara industrialisasi dan pertumbuhan ekonomi jangka panjang tidak signifikan memengaruhi emisi CO₂. Hal ini ditunjukkan oleh nilai t-hitung yang lebih

kecil dari nilai t tabel pada $\alpha=5\%$, df.46, yang berarti hipotesis nol tidak ditolak. Dalam jangka panjang, peningkatan pertumbuhan ekonomi dan industrialisasi telah didukung oleh keberlanjutan energi melalui energi terbarukan. Seluruh kapasitas ekonomi terpasang telah memperhatikan aspek keberlanjutan energi menuju energi bersih. Optimalisasi inovasi dan investasi dalam menciptakan energi terbarukan menjadi instrumen dan agenda sangat penting bagi pembangunan global. Hal ini mendukung hipotesis *Environment Kuznet Curve* (EKC) bahwa dalam jangka panjang kenaikan pertumbuhan ekonomi memberikan *turning point* terhadap semakin menurunnya degradasi lingkungan.

Industrialisasi yang terjadi belum secara massif dialami oleh seluruh wilayah terutama di wilayah ASEAN 5. Kondisi ini yang menjadi landasan bahwa industrialisasi tidak berpengaruh signifikan dalam jangka panjang. Sebagian wilayah ASEAN seperti di Indonesia, Filipina dan Thailand belum melakukan proses industrialisasi secara besar-besaran. Sektor manufaktur baru beberapa tahun mengalami peningkatan yang cukup besar di kawasan ASEAN seiring dengan berjalannya aktivitas sosial ekonomi yang didukung oleh adanya masyarakat ekonomi ASEAN (MEA) di awal tahun 2016. Keberadaan MEA ini mendorong negara untuk melakukan strategi dalam meningkatkan kesejahteraan salah satunya diwujudkan dalam industrialisasi di beberapa sektor potensialnya. Namun dalam jangka panjang dengan series waktu penelitian ini dengan rentan waktu 2010-2016, maka dampaknya belum optimal terlihat dalam jangka panjang. Selain itu, keberadaan sektor industry yang semakin digencarkan belum signifikan memengaruhi degradasi lingkungan secara mayor. Degradasi lingkungan yang ditunjukkan dengan meningkatnya emisi CO2 ini dilatar

belakangi oleh berbagai aktivitas lain yang mayoritas menggunakan energi bahan bakar fosil yang dominan digunakan untuk sektor transportasi. Mobilitas penduduk yang semakin tinggi mengakibatkan konsumsi energi fosil juga semakin meningkat.

Hasil estimasi jangka pendek menunjukkan bahwa industrialisasi dan energi terbarukan signifikan secara statistik memengaruhi emisi CO₂. Hal ini ditunjukkan oleh nilai t-hitung yang lebih besar dari nilai t tabel pada $\alpha=5\%$, df.46, yang berarti hipotesis nol ditolak. Sedangkan jumlah penduduk perkotaan dan pertumbuhan ekonomi tidak signifikan memengaruhi emisi CO₂. Hasil estimasi sebagaimana dalam table 5.4 berikut.

Tabel 5.4
Estimasi Jangka Pendek Panel VECM di ASEAN 5

Variabel	Koefisien	t-hitung
Industri Manufaktur	-12552.98	-3.62736*
Jumlah penduduk perkotaan	0.058528	1.01669
Energi Terbarukan	-11667.98	-1.71639*
Pertumbuhan Ekonomi	652.1490	0.45863

Keterangan: Variabel Dependen: Emisi CO₂

(*) signifikan pada $\alpha=5\%$; t tabel 1,67943 ($\alpha=5\%$; df= 45)

Dalam jangka pendek, ketika terjadi peningkatan jumlah penduduk perkotaan, belum tentu dapat memengaruhi peningkatan emisi CO₂ dan sebaliknya. Jika terjadi penurunan pertumbuhan penduduk juga tidak akan menurunkan emisi CO₂ sebesar di ASEAN 5 dalam jangka pendek. Penduduk yang menjadi pelaku dalam penggunaan energi memiliki peranan besar dalam meningkatkan emisi CO₂ sebagai akibat dari konsumsi energi yang tidak terbarukan. Penduduk di ASEAN 5 khususnya di Indonesia yang cenderung besar dan memiliki mobilitas tinggi akan memengaruhi

penggunaan energi dalam melakukan aktivitasnya sehari-hari. Terlebih aktivitas melalui transportasi yang memerlukan kebutuhan bahan bakar yang mayoritas masih berasal dari bahan bakar fosil akan sangat dominan dalam menciptakan degradasi lingkungan dan penurunan kualitas lingkungan melalui emisi CO₂. Namun secara statistic, penambahan jumlah penduduk perkotaan ini tidak massif terjadi diseluruh negara di ASEAN 5. Beberapa negara seperti Filipina dan Thailand dapat mengenalkan urbanisasi. Selain itu, di Filipina berdasarkan data Worldbank tercatat terjadi peningkatan yang stabil dalam penciptaan dan konsumsi energi terbarukan. Keberhasilan ini ditunjukkan oleh peningkatan yang terjadi pada jumlah energy terbarukan di tahun 2015 sebesar 27,45% kemudian meningkat sebesar 6,61% menjadi 34,06%. Ini menjadi suatu keberhasilan dalam memitigasi peningkatan emisi karbon dengan langkah mengalihkan penggunaan energi fosil ke energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan.

Perkembangan industrilisasi yang semakin masif di seluruh negara dan diikuti oleh percepatan teknologi memberikan dampak yang cukup signifikan dalam peningkatan emisi CO₂ pada hasil estimasi jangka pendek. Kompleksitas yang terjadi pada sektor industri akan berdampak pada penggunaan energi dari ajrangan listrik dan transportasi. Secara statistic dalam jangka pendek dalam rentan waktu satu hingga 2 tahun, industrialisasi yang memerlukan energi besar ini akan memberikan efek pada penggunaan energi yang lebih besar. Hal ini disebabkan karena industry yang masih dalam tahap rintisan lebih memerlukan energi cenderung besar. Ini juga berdampak pada sektor pendukung lainnya seperti transportasi, kelistrikan dan sebagainya yang saling terkait. Aktivitas industri yang didominasi oleh penggunaan konsumsi energi

dan berbagai sumber daya lain dapat menimbulkan peningkatan pada degradasi lingkungan termasuk emisi CO₂ yang dapat mempercepat pemanasan global yang semakin meningkat. Di Singapura, Malaysia terutama sebagai negara dengan basis sektor industri memberikan dampak signifikan dalam peningkatan emisi CO₂. Selain itu pergeseran ke arah industrialisasi pada sektor-sektor basis seperti pertanian, perikanan dan perkebunan juga memberikan sumbangsih dalam meningkatnya emisi CO₂. Kondisi ini memerlukan perhatian dan kebijakan secara efektif dan efisien sehingga kemajuan industrialisasi dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas yang memberikan dampak positif terhadap perekonomian suatu negara, namun juga dapat meminimalisir adanya peningkatan emisi CO₂ dengan kebijakan yang tepat.

Dari hasil estimasi jangka pendek juga menunjukkan hasil bahwa jumlah penduduk perkotaan tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi CO₂. Urbanisasi di beberapa negara tidak terjadi secara merata. Di beberapa negara seperti di negara Singapura yang mayoritas penduduk berada di wilayah kota, sehingga dinamikanya tidak berdampak cukup signifikan terhadap peningkatan emisi CO₂. Selain itu, jumlah penduduk yang relative kecil dan wilayah yang kecil tidak memerlukan mobilitas yang tinggi. Dalam hal ini, keperluan akan energi untuk transportasi masih dapat ditekan. Selain itu, di beberapa wilayah di negara berkembang seperti Indonesia, Thailand dan Filipina, aglomerasi penduduk masih belum tersebar secara merata. Sebagian besar juga berada di wilayah pedesaan yang bekerja dengan sektor potensial dan sektor basis wilayah masing-masing. Kondisi ini juga menjadi salah satu yang dapat menekan urbanisasi atau perpindahan penduduk ke kota.

Oleh karena itu kota-kota besar terutama di kawasan ASEAN perlu segera mencari pola ekonomi, infrastruktur, dan transportasi yang ramah lingkungan dan rendah karbon (ASEA Secretary, 2017). Selain itu, diperlukan media tepat dan efisien untuk meningkatkan pemantauan dan standar kualitas udara yang konsisten, sehingga tren kualitas udara dapat diamati dan ditindaklanjuti dengan lebih baik.

Pencemaran kabut asap lintas batas akibat kebakaran hutan dan lahan di kawasan ASEAN merupakan tantangan yang terus-menerus terjadi, dan berdampak pada sebagian besar Negara Anggota ASEAN. Hingga 90% kabut asap lintas batas di ASEAN terkait dengan kebakaran gambut terkait dengan perluasan perkebunan komersial skala besar.

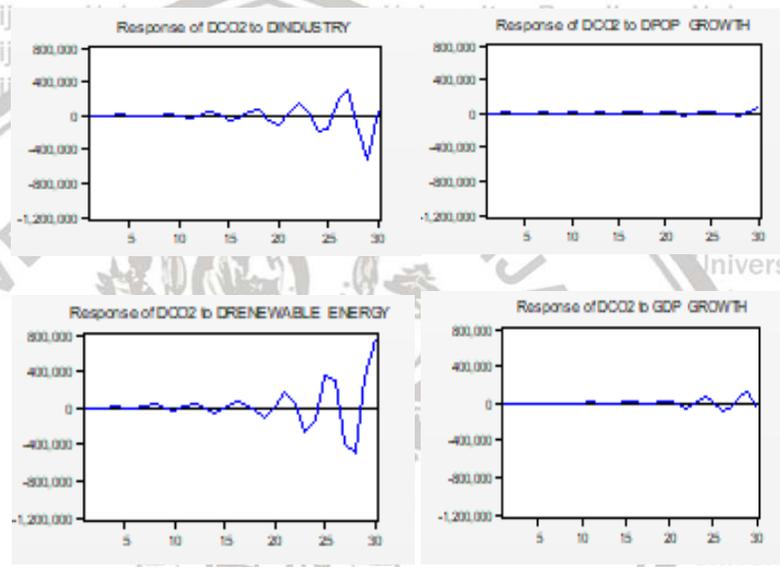
5.2.3 Pola Keterkaitan Degradasi Lingkungan dan Pertumbuhan Ekonomi

Hasil uji respon dengan menggunakan uji *impulse response function* (IRF) untuk melihat respon masing-masing variabel ketika terjadi perubahan pada variabel lain. Respon setiap variabel terhadap perubahan variabel lain memiliki pola yang berbeda. Hal ini dikarenakan pola hubungan yang terjadi antar variabel memiliki perbedaan.

Gambar 5.3 menunjukkan bahwa shock akibat adanya ekspansi industrialisasi direspon stabil oleh emisi CO₂ di awal periode hingga periode ke 10, kemudian pada periode 11 hingga 30, emisi terus menunjukkan respon yang bergejolak. Kondisi ini mengindikasikan bahwa adanya industrialisasi akan direspon tinggi oleh kondisi emisi CO₂ sebagai bentuk dari peningkatan polusi dan degradasi lingkungan yang terjadi di ASEAN 5. Terlebih adanya perluasan dari industrialisasi di berbagai negara membutuhkan konsumsi energi yang lebih besar untuk menjalankan aktivitasnya.

Kondisi ini mengkonfirmasi bahwa dinamika dari jumlah penduduk perkotaan di negara ASEAN 5 direspon stabil oleh emisi CO2, dan dimaknai bahwa peningkatan pertumbuhan akan direspon seimbang oleh emisi CO2.

Gambar 5.3
Respon Emisi CO2 terhadap variabel lain

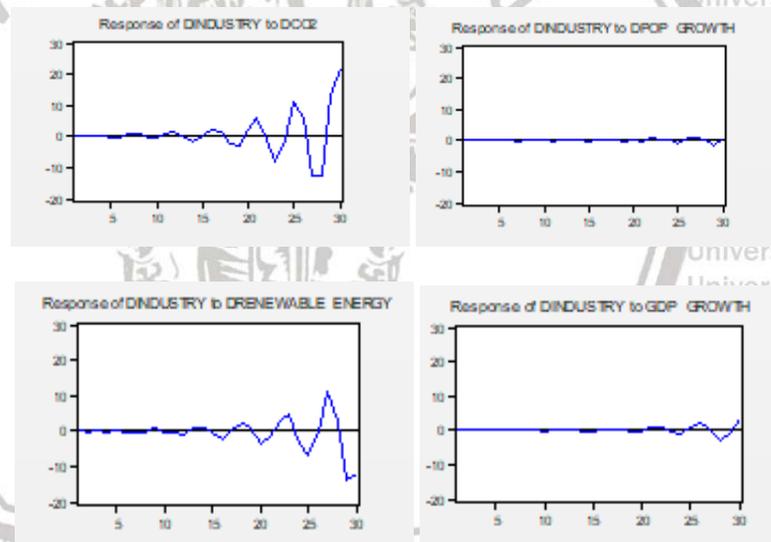


Sumber: Lampiran, diolah: 2020

Sementara itu, shock pada jumlah penduduk perkotaan direspon cukup stabil oleh emisi CO2 yang ditunjukkan pada Gambar 5.3 yang cenderung bergerak menuju titik keseimbangan. Shock yang terjadi pada konsumsi energi terbarukan direspon sangat fluktuatif oleh emisi CO2. Kondisi ini ditunjukkan dari Gambar 5.3 yang menunjukkan adanya gejala di mulai dari periode 5 yang masih relatif kecil kemudian menuju kestabilan yang ditunjukkan dengan pergerakan menuju titik keseimbangan di periode 15-20. Namun, emisi CO2 kembali merespon dengan fluktuatif shock dari energi terbarukan dari periode 15 sampai periode ke 30 yang sangat tinggi menjauhi titik keseimbangan. Kondisi ini mengkonfirmasi bahwa konsumsi energi terbarukan

direspons oleh emisi CO₂. Penggunaan energi terbarukan dapat menjadi salah satu alternatif solusi dalam mengurangi peningkatan emisi CO₂ di beberapa negara ASEAN 5. Respon emisi CO₂ yang terjadi akibat shock pertumbuhan GDP juga menunjukkan pergerakan yang stabil di awal periode. Gambar 5.3 dapat menunjukkan dari periode 1 hingga periode 20 cukup terlihat stabil pergerakan emisi CO₂ akibat shock dari pertumbuhan GDP, namun pada periode 20 hingga 30 menunjukkan respon yang cukup fluktuatif hingga diakhir periode bergerak menuju titik keseimbangan.

Gambar 5.4
Respon Industri terhadap variabel lain

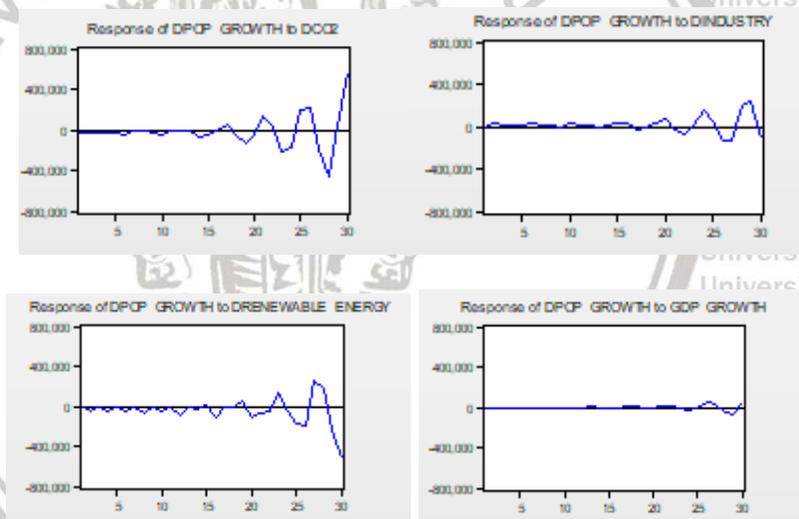


Sumber: Lampiran, diolah: 2020

Sementara itu, industri juga memiliki respon yang disebabkan oleh shock beberapa variabel seperti emisi CO₂, pertumbuhan penduduk, pertumbuhan GDP dan konsumsi energi terbarukan. Respon industrialisasi terhadap emisi CO₂ cukup stabil pada awal periode dari periode 1 sampai periode ke 10. Selanjutnya di periode 11 hingga periode 20 cukup menunjukkan respon yang bergerak cukup fluktuatif. Pada periode 21 hingga akhir periode menunjukkan respon yang berfluktuasi tinggi hingga

menjauhi titik keseimbangan. Sementara itu, respon industrialisasi terhadap jumlah penduduk perkotaan dan pertumbuhan GDP cukup stabil di awal periode dari periode 1 hingga periode 20. Namun pada periode 21 hingga periode 30 justru menunjukkan respon yang cukup fluktuatif, namun diakhir periode menunjukkan arah yang bergerak menuju titik keseimbangan. Respon industrialisasi terhadap shock yang terjadi pada konsumsi energi terbarukan cukup stabil di awal periode hingga periode ke 10 dan mengalami fluktuasi respon pada periode 12 hingga period eke 30.

Gambar 5.5
Respon Jumlah penduduk perkotaan terhadap variabel lain



Sumber: Lampiran, diolah: 2020

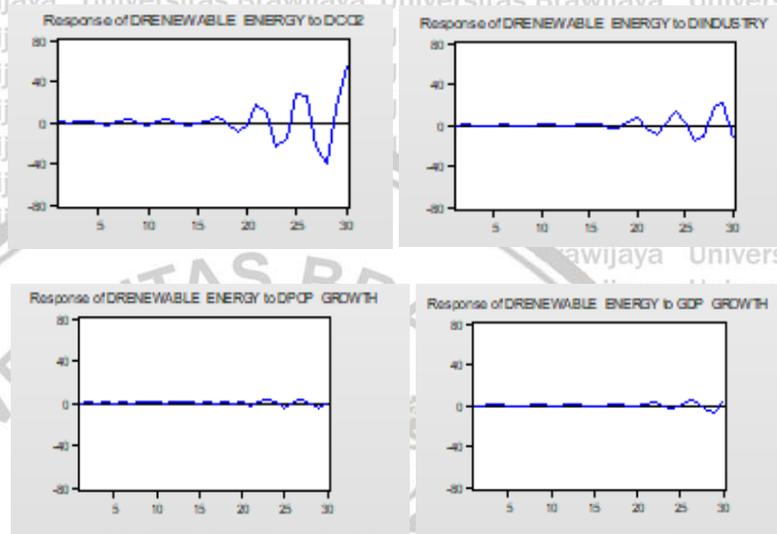
Respon jumlah penduduk perkotaan terhadap variabel lain juga menunjukkan hasil yang berbeda dengan respon variabel lain. Gambar 5.5 menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk merespon shock dari emisi CO2 dengan respon yang stabil di awal periode dari periode 1 hingga periode ke 13. Sementara itu, di periode 13 hingga periode ke 30 menunjukkan respon yang sangat fluktuatif terlebih terjadi pada periode 19 hingga 30. Pada akhir periode, jumlah penduduk perkotaan masih

menunjukkan respon yang belum stabil dan menjauhi titik keseimbangan. Jumlah penduduk perkotaan dalam merespon shock yang terjadi pada industrialisasi cukup stabil di periode 1 sampai periode 18. Namun pada periode 19 hingga periode ke 30 menunjukkan respon yang bergejolak tinggi meskipun di akhir periode menunjukkan respon yang menuju titik keseimbangan.

Jumlah penduduk perkotaan merespon tidak stabil di awal hingga akhir periode akibat shock pada konsumsi energi terbarukan. Gambar 5.6 Menunjukkan di awal periode dari periode 1 hingga periode ke 20 mengalami respon yang cukup fluktuatif namun masih cenderung kecil. Hal ini terlihat pada respon yang fluktuatif namun masih berada disekitar titik keseimbangan. Namun respon semakin mengalami gejolak yang tinggi diperiode 21 hingga periode ke 30 yang ditunjukkan oleh pergerakan respon yang semakin bergerak menjauhi titik keseimbangan hingga periode ke 30. Berbeda dengan variabel lain, shock yang terjadi pada pertumbuhan GDP justru direspon stabil oleh jumlah penduduk perkotaan. Di awal periode dari periode 1 hingga periode ke 22 menunjukkan respon stabil sejalan dengan titik keseimbangan. Namun pada periode ke 23 hingga periode ke 30 menunjukkan respon yang cukup fluktuatif meskipun masih berada tidak jauh dari titik keseimbangan.

Konsumsi energi terbarukan juga mengalami respon yang berbeda dalam menanggapi shock pada variabel lain. Gambar 5.6 menunjukkan respon variabel konsumsi energi terbarukan terhadap variabel emisi CO₂, industri, jumlah penduduk perkotaan dan pertumbuhan GDP di ASEAN 5.

Gambar 5.6
Respon Konsumsi Energi terbarukan terhadap variabel lain



Sumber: Lampiran, diolah: 2020

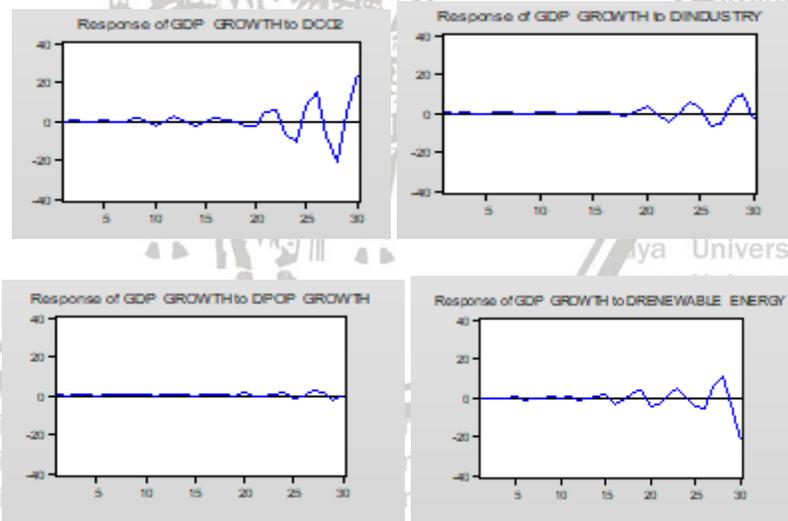
Konsumsi energi terbarukan merespon shock yang terjadi pada emisi CO₂ cukup fluktuatif di periode 5 hingga akhir periode. Pada periode 1 hingga periode ke 4 respon konsumsi energi terbarukan cukup stabil bergerak beriringan dengan titik keseimbangan, namun di periode 5 hingga periode ke 20 cukup menunjukkan respon yang fluktuatif. Selanjutnya pada periode ke 21 hingga periode ke 30 menunjukkan respon yang sangat fluktuatif tinggi terutama ditunjukkan pada periode ke 21 hingga 30. Pada akhir periode ke 30, konsumsi energi terbarukan merespon tinggi emisi CO₂ dan bergerak menjauhi titik keseimbangan. Sementara itu, shock yang terjadi pada industrialiasi, jumlah penduduk perkotaan dan pertumbuhan GDP direspon cukup stabil oleh konsumsi energi terbarukan. Pada shock yang terjadi pada industrialiasi direspon stabil oleh konsumsi energi terbaruk di periode 1 hingga periode ke 18. Namun pada periode ke 19 hingga periode ke 30 menunjukkan respon yang cukup

fluktuatif namun dengan gejolak yang kecil karena masih bergerak disekitar titik keseimbangan hingga akhir periode bergerak menuju titik keseimbangan.

Sementara shock yang terjadi pada jumlah penduduk perkotaan dan pertumbuhan GDP direspon cukup stabil dari awal periode hingga akhir periode.

Namun shock pada jumlah penduduk perkotaan direspon sedikit fluktuatif pada periode ke 20 oleh konsumsi energi terbarukan hingga akhir periode bergerak menuju titik keseimbangan. Sementara itu, pada pertumbuhan GDP direspon fluktuatif di periode ke 21 hingga akhir periode dengan sedikit pergerakan yang berada diluar titik keseimbangan hingga akhir periode bergerak menuju ke titik keseimbangan.

Gambar 5.7
Respon Pertumbuhan GDP terhadap Variabel lain



Sumber: Lampiran, diolah: 2020

Pertumbuhan ekonomi juga menunjukkan respon yang berbeda dalam menanggapi shock yang terjadi pada variabel lain. Gambar 5.7 menunjukkan bahwa di awal periode dari period eke 1 hingga periode ke 8 pertumbuhan GDP merespon adanya shock yang terjadi pada emisi CO2 cukup stabil yang bergerak sejalan dengan

titik keseimbangan. Namun pada periode ke 9 hingga periode ke 22, respon pertumbuhan GDP terhadap emisi CO2 cukup fluktuatif meskipun masih cenderung dengan fluktuasi yang kecil karena masih bergerak tidak jauh dari titik keseimbangan. Namun di periode ke 23 hingga periode ke 30 pertumbuhan GDP menunjukkan respon yang besar dan fluktuatif ditunjukkan dengan pergerakan menjauhi titik keseimbangan hingga akhir periode. Hal serupa ditunjukkan oleh respon pertumbuhan GDP terhadap shock yang ditunjukkan oleh industrialisasi. Dari Gambar 5.7 menunjukkan bahwa di awal periode dari periode 1 hingga ke 19, pertumbuhan GDP masih merespon stabil adanya shock yang terjadi pada industrialisasi. Namun pada periode ke 20 hingga akhir periode, pertumbuhan GDP menunjukkan respon yang fluktuatif bergejolak hingga di akhir periode bergerak kembali menuju titik keseimbangan.

Sementara pada shock yang terjadi pada jumlah penduduk perkotaan direspon stabil dari periode 1 hingga ke 25 oleh pertumbuhan GDP yang ditunjukkan dengan pergerakan yang stabil beriringan dengan titik keseimbangan. Pada variabel konsumsi energi terbarukan direspon stabil di awal periode oleh pertumbuhan GDP. Pada periode ke 1 hingga ke 13, pertumbuhan GDP merespon stabil shock akibat konsumsi energi terbarukan, namun pada periode 14 hingga ke 30 direspon fluktuatif yang cukup bergejolak hingga menjauhi titik keseimbangan pada akhir periode.

Dalam rangkaian strategi yang dirumuskan (ASEAN Corporation, 2020) telah menunjukkan bahwa upaya dalam mengatasi permasalahan emisi CO2 namun tetap berfokus pada pembangunan yang berkelanjutan, dirumuskan beberapa strategi yang kompleks. Tujuan tersebut dilakukan melalui peningkatan kerja sama regional dan

internasional untuk mengatasi masalah perubahan iklim dan dampaknya terhadap pembangunan sosial ekonomi, kesehatan dan lingkungan. Ini dilakukan melalui penerapan langkah-langkah mitigasi dan adaptasi, berdasarkan prinsip keadilan, fleksibilitas, efektivitas, tanggung jawab umum tetapi berbeda, kemampuan masing-masing, serta merefleksikan kondisi sosial dan ekonomi yang berbeda. Hal ini dilakukan dalam wujud tindakan mendorong pemahaman bersama ASEAN tentang masalah perubahan iklim dan jika memungkinkan, terlibat dalam upaya bersama dan posisi bersama dalam menangani permasalahan.

Tindakan tersebut antara lain diwujudkan melalui upaya dalam bentuk:

1. Mengembangkan Prakarsa Perubahan Iklim ASEAN (ACCI);
2. Mempromosikan dan memfasilitasi pertukaran informasi/ pengetahuan tentang penelitian dan pengembangan ilmiah (R&D)
3. Penyebaran dan transfer teknologi dan praktik terbaik tentang tindakan adaptasi dan mitigasi
4. Meningkatkan pengembangan sumber daya manusia
5. Mendorong komunitas internasional untuk berpartisipasi dan berkontribusi pada upaya ASEAN dalam aforestasi dan reforestasi
6. Mengurangi deforestasi dan degradasi hutan
7. Mengembangkan strategi regional untuk meningkatkan kapasitas adaptasi, ekonomi rendah karbon, dan mempromosikan kesadaran publik untuk mengatasi efek perubahan iklim
8. Meningkatkan kolaborasi di antara anggota ASEAN dan mitra terkait untuk mengatasi bahaya terkait iklim, dan skenario perubahan iklim

9. Mengembangkan sistem pengamatan sistematis regional untuk memantau dampak perubahan iklim pada ekosistem yang rentan di ASEAN
10. Melakukan kebijakan daerah, kajian ilmiah terkait, untuk memfasilitasi implementasi konvensi perubahan iklim dan konvensi terkait
11. Mendorong kesadaran dan advokasi publik untuk meningkatkan partisipasi masyarakat dalam melindungi kesehatan manusia dari potensi dampak perubahan iklim
12. Mendorong partisipasi pemerintah daerah, sektor swasta, lembaga swadaya masyarakat, dan masyarakat untuk mengatasi dampak perubahan iklim
13. Mempromosikan strategi untuk memastikan bahwa inisiatif perubahan iklim mengarah pada Komunitas ASEAN yang dinamis dan ramah lingkungan dengan mempertimbangkan sinergi yang saling menguntungkan antara perubahan iklim dan pembangunan ekonomi.

Dalam merespon dan menanggapi isu degradasi lingkungan dan perubahan iklim akibat dari peningkatan emisi CO₂, juga telah dilakukan kegiatan regional dibawah kendali sektor lingkungan seperti proyek regional dengan anggaran US \$ 15 juta bertajuk “Rehabilitasi dan Pemanfaatan Hutan Lahan Gambut yang Berkelanjutan di Asia Tenggara”, (2009-2013) yang dilaksanakan untuk mengambil langkah-langkah pencegahan kebakaran lahan gambut, sumber utama kabut asap di wilayah tersebut. Proyek “Keanekaragaman Hayati dan Perubahan Iklim” (2010 = 2015) dengan bantuan keuangan dari Jerman sebesar Euro 2.500.000 sedang dilaksanakan untuk membantu ASEAN dalam mengembangkan dan melaksanakan strategi dan instrumen di bidang keanekaragaman hayati dan perubahan iklim. Lokakarya dan

Pertukaran Kota Tangguh Iklim: Mengidentifikasi Praktik Terbaik untuk perwakilan dari kota ASEAN dan pemerintah nasional untuk bertukar praktik terbaik, pembelajaran dan pengalaman dalam menangani dampak saat ini dan masa depan perubahan iklim.

Pertumbuhan wilayah ASEAN yang diberbagai tinjauan ditunjukkan adanya ketergantungan besar dalam mengeksploitasi sumber daya alam ini memerlukan tindakan efektif dan efisien. Asia Tenggara memiliki peluang besar untuk keluar dari zona tersebut melalui kolaborasi dan sinergi yang tepat untuk engefisiensi penggunaan energi dengan negara maju. Model infrastruktur yang efektif dan efisien ramah lingkungan di kawasan pengembangan industri akan dikolaborasikan dengan daerah yang stabil dan memiliki pertumbuhan ekonomi yang cepat. Hal ini akan mendorong penarikan investasi yang menghubungkan kinerja lingkungan dengan pertumbuhan ekonomi (OECD, 2013). Kondisi ini menjadi pergulatan pemikiran pada pemangku kebijakan kawasan untuk memilih dengan biaya besar untuk mencapai pertumbuhan berkelanjutan, atau mengadopsi strategi pertumbuhan hijau berkelanjutan yang dapat menopang pertumbuhan jangka panjang dan kesejahteraan saat ini dan generasi mendatang. Mengadopsi ekonomi abad ke-20 model pertumbuhan dalam menghadapi tantangan abad ke-21 saat ini meningkatkan risiko konsekuensi lingkungan dan sosial yang berat. Misalnya dalam kasus pencemaran udara dan air bersih atau tanah yang tereksplorasi memicu kerugian bagi kehidupan manusia dan dapat meningkatkan angka kemiskinan. Dukungan dari sektor bisnis yang dominan melakukan industrialisasi juga terlihat salah satunya dengan kolaborasi pemerintah dan bisnis global menyadari hal ini dan dengan cepat mengadopsi persyaratan keberlanjutan baru untuk proses produksi.

Beberapa tindakan nyata lain yang telah banyak dilakukan di beberapa kawasan dengan mengadopsi dan berkolaborasi dengan kawasan lain antara lain melalui inovasi dari teknologi dan praktik hemat sumber daya yang dapat mengurangi biaya dan meningkatkan produktivitas sambil mengurangi lingkungan tekanan (OECD, 2013). Selain itu, menyediakan jaring pengaman sosial yang dibutuhkan untuk mempromosikan kewirausahaan dan mobilitas tenaga kerja akan memfasilitasi transisi menuju pertumbuhan hijau (Bene et al., 2014; OECD, 2009). Hal ini menjadi tindakan yang urgent mengingat kawasan ASEAN dengan keanekaragaman hayati yang dimiliki sebagai sumber keberlanjutan lingkungan mengalami ancaman karena diperkirakan sebesar 13% dan 42% spesies akan hilang di Asia Tenggara pada tahun 2100. Dan ini menunjukkan bahwa setengah dari keanekaragaman hayati global telah berkurang.

Alternatif melalui penciptaan energi terbarukan yang masih minim juga menjadi fokus tersendiri pemangku kebijakan dalam melakukan regulasi. Energi terbarukan sangat kurang berkontribusi terlebih untuk sektor yang dominan digunakan oleh manusia dalam menjalankan aktivitasnya seperti transportasi. Regulasi yang kurang mendukung menjadi salah satu penghambat dari perlambatan perkembangan teknologi baru. Hal ini cukup menjadi refleksi dan revisi kebijakan bagi pemangku kebijakan sehingga pada tahun 2018 terjadi kerangka dekarbonisasi yang dikembangkan di tingkat sub nasional yang mengalami peningkatan jumlah. Negara berkembang terus meningkatkan penyebaran energi terbarukan, dan energi terbarukan yang didistribusikan membantu menyebarkan akses energi ke rumah tangga di daerah terpencil. Selain itu, sektor swasta juga memainkan peran kunci

dalam mendorong penyebaran energi terbarukan melalui pengadaan dan keputusan investasinya. Peran swasta sebagai sumber investor melalui investasi energi terbarukan mengalami peningkatan lebih dua kali lipat selama 2018, dan energi terbarukan telah menyebar dengan jumlah yang signifikan di seluruh dunia.

Investasi global dalam energi terbarukan menurun dari tahun sebelumnya, berkembang dan negara berkembang kembali menyediakan lebih dari setengah dari semua investasi masuk 2018. Sektor energi terbarukan secara keseluruhan digunakan baik secara langsung dan secara tidak langsung mencapai sekitar 11 juta orang di seluruh dunia pada tahun 2018. Pada 2017, energi terbarukan menyumbang sekitar 18,1% dari total konsumsi energi final (TFEC). Energi terbarukan modern memasok 10,6% dari TFEC, dengan perkiraan pertumbuhan permintaan mencapai 4,4% dibandingkan 2016. Peluang terus tumbuh peningkatan penggunaan listrik terbarukan di sektor penggunaan akhir. Sektor integrasi menarik perhatian pembuat kebijakan, dan pasar untuk teknologi yang memungkinkan (seperti penyimpanan baterai, pompa panas dan kendaraan listrik) semakin meningkat.

Oliver dan Peters, (2020) dalam temuannya menunjukkan bahwa meskipun pertumbuhan rata-rata ekonomi dunia cukup konstan sejak 2010, pertumbuhan tahunan total emisi gas rumah kaca mengalami penurunan yang nyata menjadi 0,2% pada tahun 2015. Sebaliknya, pada tahun 2011 terjadi pertumbuhan tahunan yang besar dalam emisi gas rumah kaca global sebesar 3,1%, sedangkan GDP global hanya menunjukkan pertumbuhan tahunan yang sedikit meningkat (3,9%). Pada tahun 2018, peningkatan emisi gas rumah kaca global yang relatif tinggi sebesar 2,0% tidak disertai dengan pertumbuhan GDP yang sangat tinggi (3,4%). Pertumbuhan

CO₂ tahunan, dalam dekade ini hampir sama dengan peningkatan total gas rumah kaca tahunan. Untuk emisi non-CO₂, ini berkurang selama beberapa tahun, kecuali untuk 2017 dan 2018, yang juga sebesar 2,0%.

Worldbank (2017) menunjukkan bahwa dalam periode 1970–2003, emisi CO₂ global (tidak termasuk yang berasal dari perubahan penggunaan lahan) rata-rata meningkat 1,6% per tahun. Dari 2003 hingga 2011, pertumbuhan emisi dipercepat hingga 3,2% per tahun rata-rata didorong oleh industrialisasi China yang pesat sejak 2002. Namun, selama tahun 2012 hingga 2014 pertumbuhan tahunan global melambat menjadi sekitar 1,3% per tahun dan pada 2015 emisi CO₂ tetap konstan. Namun, pada tahun 2016, emisi CO₂ global mulai meningkat kembali; sebesar 0,3% pada tahun 2016, 1,0% pada tahun 2017 dan 2,0% pada tahun 2018. Peningkatan ini terutama disebabkan oleh peningkatan baru dalam konsumsi batubara global sebesar 0,2% pada tahun 2017 dan 1,4% pada tahun 2018, setelah tiga tahun mengalami penurunan. Pada tahun 2018, secara global, minyak mencapai 29% dari Total Pasokan Energi Primer (TPES), untuk batubara 25%, energi terbarukan ditambah nuklir 24% dan gas alam 21% (IEA, 2019b; BP, 2019). Dengan kata lain, 76% pasokan energi dunia masih berupa bahan bakar fosil.

Secara global, dengan porsi 9%, biomassa sejauh ini merupakan jenis energi non-fosil terbesar. Ini mengacu pada biomassa padat yang dibakar di pembangkit listrik, bahan bakar nabati modern yang digunakan untuk transportasi, dan bahan bakar nabati tradisional yang digunakan untuk memasak dan pemanas ruangan, seperti kayu bakar, arang, dan biogas. Penurunan produksi dan konsumsi batubara global ini disebabkan oleh tiga tahun penurunan konsumsi batubara di China dan

penurunan di Amerika Serikat dan Uni Eropa, terutama dari pembangkit listrik yang mengalihkan bahan bakar ke gas alam dan peningkatan pembangkit listrik terbarukan global, khususnya angin dan tenaga surya (IEA, 2019a; BP, 2019). Kenaikan konsumsi batubara global pada tahun 2018 sebagian besar disebabkan oleh peningkatan absolut yang besar di India (8,7%, dua kali lipat peningkatan pada 2017) dan China (0,9%). Sekitar dua pertiga dari pertumbuhan global ada di India dan sekitar 30% di Cina. Secara bersamaan, perubahan di semua negara lain hampir mendekati nol. Negara lain yang mengalami peningkatan absolut yang relatif besar dalam konsumsi batu bara adalah Vietnam (+22,9%), Pakistan (+63%) dan Indonesia (+7,7%), serta Kazakhstan (+12,2%) dan Federasi Rusia (+4,9%). Sementara itu, konsumsi batu bara di Uni Eropa dan Amerika Serikat terus menurun, masing-masing sebesar 4,3% dan 5,1% (terutama di Jerman dan Spanyol). Selain itu, di Kanada dan Jepang, penggunaan batu bara terus menurun pada tahun 2018. Selain India dan Cina, bersama-sama, kenaikan dan penurunan yang disebutkan di negara lain berkontribusi sekitar 40% terhadap kinerja penurunan degradasi lingkungan. Kondisi ini cukup menunjukkan upaya global dalam mengatasi masalah ini meskipun belum menunjukkan hasil yang massive dan komperhensif diseluruh dunia.

Secara empiris, hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Schroder dan Storm, (2018); Sterpu et al. (2018) dan Lu (2017) bahwa konsumsi energi untuk aktivitas produksi akan memengaruhi peningkatan emisi CO₂ dalam jangka panjang. Konsumsi energi baik dalam bentuk energi untuk aktivitas produksi seperti pada sektor industri, dan untuk aktivitas transportasi seperti penggunaan energi fosil sebagai bahan bakar transportasi, listrik dan sebagainya akan meningkatkan efek pada

peningkatan emisi CO₂. Disisi lain, penggunaan energi ini dapat mengefisiensi aktivitas dan mobilitas manusia, namun disisi lain akan menurunkan kualitas lingkungan sehingga memengaruhi degradasi lingkungan dan dapat mengancam keberlanjutan. Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Altintas dan Kassouri (2020) yang menunjukkan hasil bahwa konsumsi energi terbarukan dapat memengaruhi penurunan emisi CO₂.

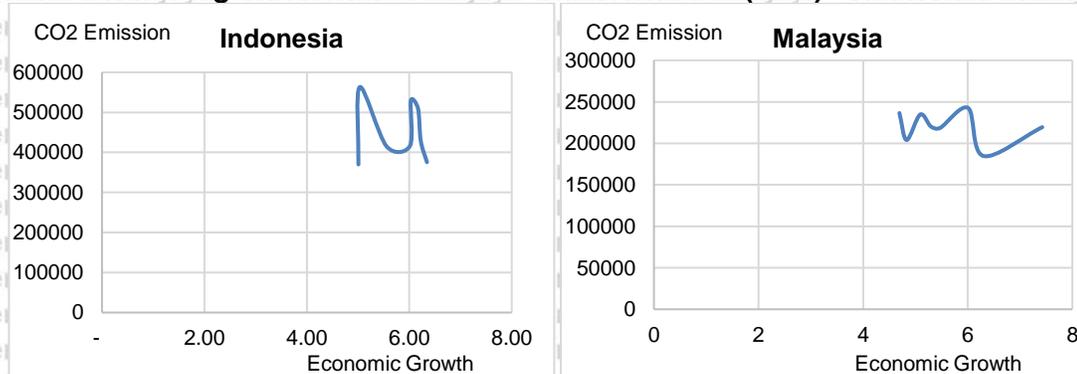
Selain itu, jumlah penduduk perkotaan yang besar juga berdampak besar pada emisi CO₂ yang semakin tinggi, hasil ini sejalan dengan penelitian dari Hanif dan Gago-de-Santos, (2016). Jumlah penduduk perkotaan yang berdampak pada peningkatan aktivitas manusia juga direspon oleh kualitas lingkungan yang cenderung menurun yang berarti meningkatkan degradasi lingkungan. Kajian Wang et al (2015) juga mendukung hasil penelitian ini bahwa peningkatan jumlah penduduk perkotaan akan memengaruhi konsumsi energi baik terbarukan dan tidak terbarukan yang semakin meningkat. Hal ini secara langsung akan memengaruhi emisi CO₂ negara tersebut akibat semakin padatnya aktivitas manusia yang menggunakan energi baik untuk aktivitas sosial maupun ekonomi lainnya.

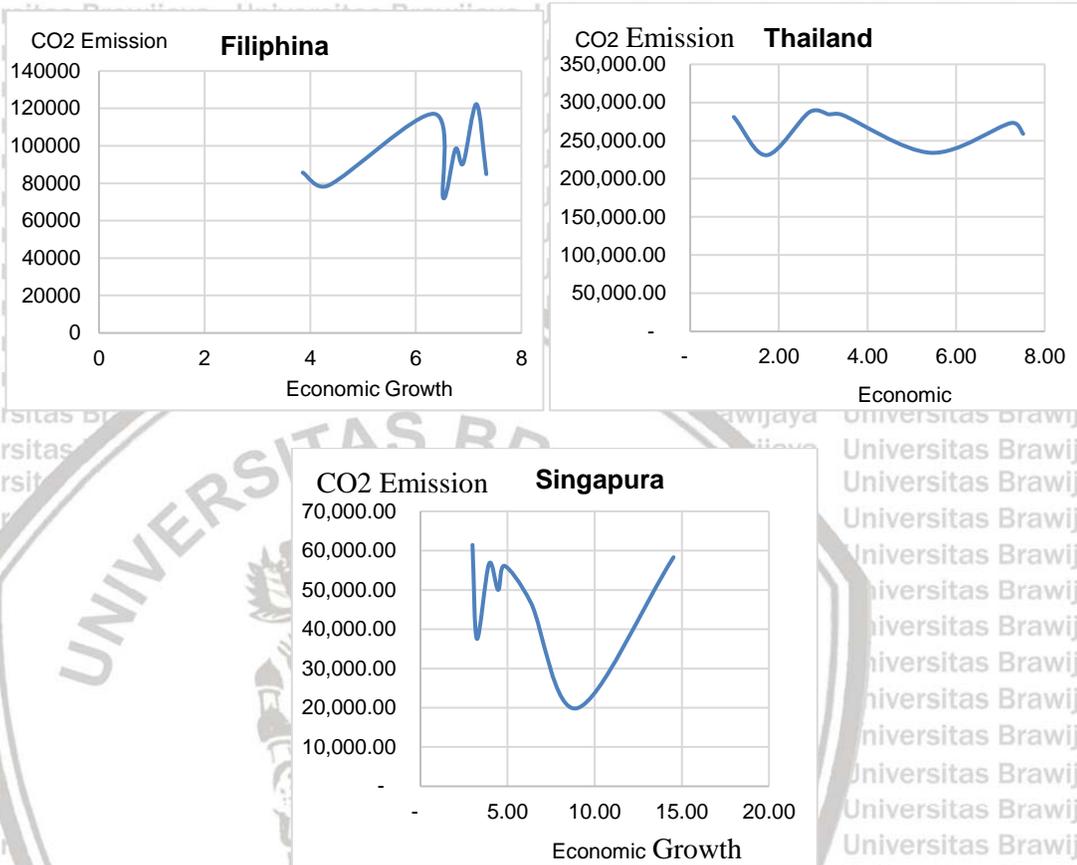
Dalam sudut pandang teoritis, penelitian ini sesuai dengan konsep SDG's bahwa dalam jangka panjang dan jangka pendek, keberadaan energi terbarukan dapat menjadi upaya untuk menekan dan mereduksi peningkatan emisi CO₂. Dalam jangka panjang, pertumbuhan ekonomi tidak menunjukkan pengaruh signifikan. Hasil ini juga sejalan dengan hipotesis EKC yang menjadi dasar penelitian ini bahwa dalam jangka panjang kenaikan pertumbuhan ekonomi memberikan *turning point* terhadap semakin menurunnya degradasi lingkungan.

5.2.4 Turning Point Pola Environment Kuznets Curve (EKC) di ASEAN 5

Hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) menjelaskan adanya hubungan antara degradasi lingkungan dan pertumbuhan ekonomi. Tahapan awal kurva diindikasikan dengan meningkatnya emisi CO2 dan menurunnya kualitas lingkungan dan pada saat pertumbuhan ekonomi semakin meningkat dan pada titik maksimum mengarah pada perbaikan lingkungan. Pola hubungan ini digambarkan dengan bentuk U terbalik (*inverted-U*). Pola hubungan antara degradasi lingkungan dan pertumbuhan ekonomi sebagaimana dalam EKC menunjukkan pola yang berbeda di tiap negara. Pola EKC dapat dilihat dari titik balik (*turning point*) dalam pola EKC. Jumlah *turning point* dan deviasi kuantitas emisi serta perubahan pertumbuhan ekonomi menunjukkan seberapa besar dan cepat sebuah negara melalui berbagai kebijakannya mampu menurunkan emisi. Berdasarkan hasil analisis *turning point* juga dapat disimpulkan bahwa dalam jangka panjang, pertumbuhan ekonomi yang meningkat akan memberikan *turning point* pada emisi CO2 di negara ASEAN 5 dengan pola dan besaran yang berbeda.

Gambar 5.8
Turning Point Environmental Kuznets Curve (EKC) di ASEAN 5





Gambar 5.8 menunjukkan pola hubungan antara emisi CO2 dan pertumbuhan ekonomi di negara ASEAN 5. Indonesia termasuk negara dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi dengan dinamika industrialisasi yang berkembang cukup pesat. Namun dampak percepatan pembangunan diikuti meningkatnya jumlah emisi CO2 yang tertinggi diantara lima negara anggota ASEAN lainnya. Berdasarkan plot pola hubungan emisi CO2 dan pertumbuhan ekonomi terlihat bahwa *turning point* kurva EKC terjadi sebanyak empat kali dengan deviasi emisi hingga 100.000 kt dengan perubahan pertumbuhan pada kisaran 5% hingga 6%. EKC di Indonesia mengikuti pola *M-shape*. Komitmen pemerintah Indonesia terhadap *green development economy* ditunjukkan dengan optimisme konservasi

energi dalam mencapai target efisiensi energi 17% dari *Business as Usual* (BAU) tahun 2025. Sektor energi memiliki target di *Nationally Determined Contribution* (NDC) untuk menurunkan emisi sebesar 314 juta ton di tahun 2030. Fokus penurunan emisi di Indonesia dalam NDC pada lima sektor yakni sektor energi, industri, kehutanan, pertanian dan limbah.

Thailand memiliki karakteristik *turning point* yang sama dengan Indonesia yakni empat kali dengan deviasi emisi mencapai 50.000 kt sedikit lebih rendah dari Indonesia. Namun hal berbeda ditunjukkan dengan perubahan pertumbuhan ekonomi yang sedikit melambat dibandingkan dengan Indonesia yakni dari 1% hingga 7% yang diikuti oleh perlambatan kenaikan atau penurunan emisi CO₂. EKC di Indonesia mengikuti pola *M-shape*. Thailand memiliki target pengurangan emisi melalui Perjanjian Paris dengan fokus pada kebijakan efisiensi energi dan transisi energi bersih. Kebijakan yang diberlakukan melalui penetapan harga karbon. Penetapan harga karbon dianggap sebagai bagian dari bauran kebijakan inti dalam paket kebijakan energi iklim, sebagai cara untuk menetapkan biaya emisi karbon. Langkah ini sebagai upaya untuk mendukung rendah karbon dan memungkinkan cara-cara hemat biaya untuk mengurangi emisi lintas sektor. Dua jenis utama penetapan harga karbon adalah melalui sistem perdagangan emisi, seperti program *cap-and-trade*, dan pajak karbon.

Sementara itu Malaysia, Filipina dan Singapura memiliki pola EKC dengan *turning point* lebih banyak yakni enam kali. Deviasi karbon terendah adalah Malaysia sekitar 50.000 kt dengan perubahan pertumbuhan ekonomi 4% hingga 7%. Malaysia memiliki komitmen untuk mengurangi intensitas emisi karbon hingga 40%

(dibandingkan dengan tingkat tahun 2005) pada tahun 2020 dan pengurangan 45% (dibandingkan dengan tingkat tahun 2005) pada tahun 2030. Tantangan Malaysia dalam program dekarbonisasi adalah tekanan pertumbuhan penduduk dan tingkat kemiskinan yang substansial. Beberapa kebijakan dekarbonisasi adalah transformasi perilaku, pergeseran kelembagaan, dan jejaring lembaga. Deviasi emisi CO₂ Filipina hingga 40.000 kt dengan perubahan pertumbuhan ekonomi yakni 4% hingga 7%.

Filipina berkomitmen untuk mengurangi emisi karbonnya hingga 70 persen pada tahun 2030 dari sektor energi, transportasi, limbah, kehutanan, dan industri.

Pengurangan emisi memerlukan sumber daya keuangan yang memadai, pengembangan dan transfer teknologi.

Singapura adalah negara dengan pertumbuhan ekonomi yang paling tinggi dibandingkan empat negara ASEAN lainnya. Begitu pula dengan proporsi dan deviasi emisi CO₂ yang terendah. Sebagai negara industri, kebijakan percepatan pembangunan ekonomi diikuti dengan pengelolaan eksternalitas emisi secara baik meskipun Singapura menyumbang sekitar 0,11 persen emisi global. Kenaikan permintaan energi sejalan dengan kenaikan pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk perkotaan. Diperkirakan pembangkit listrik akan meningkat sekitar 30% dari tahun 2010 hingga 2025. Meskipun permintaan meningkat, otoritas Singapura telah mengumumkan komitmen untuk mengurangi emisi karbon sebesar 7-11% di bawah tingkat bisnis seperti biasa tahun 2020, dengan setengahnya pengurangan yang berasal dari sektor pembangkit listrik. Sementara dari posisi strategis di sepanjang rute perdagangan Timur-Barat menjadikan Singapura lokasi alami untuk fasilitas penyimpanan dan pemurnian minyak yang melayani wilayah tersebut. Meskipun

sektor penyulingan dan petrokimia merupakan sumber emisi karbon yang besar, Singapura terus berupaya dan terus menerus untuk meningkatkan tingkat efisiensi energi.

Keberhasilan implementasi EKC tidak terlepas dari keunggulan komparatif sumberdaya yang dimiliki masing-masing negara. Setiap negara diharapkan mampu berspesialisasi dalam produksi dengan intensif sumberdaya yang dimiliki dengan didukung oleh regulasi yang ramah lingkungan. Namun fenomena yang terjadi adalah adanya kecenderungan negara-negara maju memindahkan dampak pencemaran lingkungan ke negara-negara berkembang (Stern et al., 1996). Penguatan kerjasama internasional dalam bidang energi dan sustainability lingkungan menjadi sangat krusial. Sehingga masing-masing negara berkomitmen untuk menjaga keberlanjutan lingkungan dengan berbagai inovasi seperti alih teknologi yang bermanfaat bagi kelangsungan pembangunan di seluruh negara.

4.3 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini terbatas hanya fokus pada kajian makro dan masih belum detail menyoroti dari sisi konsumsi energi lain secara lebih spesifik di masing-masing sektor pendorong pertumbuhan ekonomi. Hal ini dikarenakan keterbatasan data yang lebih spesifik dan detail untuk penggunaan energi. Selain itu, objek penelitian juga terbatas pada negara-negara ASEAN 5 meliputi Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina dan Singapura yang memiliki perkembangan industrialisasi dianggap lebih tinggi dibandingkan negara anggota ASEAN lainnya. Sehingga belum mampu menyoroti dan menganalisis lebih detail apakah sektor industri saja yang dapat berdampak pada penurunan kualitas lingkungan. Kualitas lingkungan juga diasumsikan sebagai

pencemaran akibat emisi CO₂ yang diproksi dengan data emisi CO₂ (kt) dengan rentan waktu yang lebih panjang dibandingkan dengan proksi untuk kualitas lingkungan lainnya seperti total *greenhouse gasses*, emisi metana, maupun emisi nitrogen oksida.

4.4 Keterbaruan Penelitian

Penelitian ini berbeda dari beberapa studi empiris penelitian sebelumnya diantaranya terletak pada analisis hubungan jangka panjang dan jangka pendek pada model penelitian dengan metode VECM. Dari hasil analisis VECM selain dapat dilihat pengaruh jangka panjang dan pendek pada model, juga dapat diketahui respon variabel emisi CO₂ di ASEAN 5 akibat perubahan dari variabel yang memengaruhinya seperti pertumbuhan GDP, jumlah penduduk perkotaan, industrialisasi, dan konsumsi energi terbarukan. Point penting yang menjadi pembeda antara penelitian ini dengan penelitian acuannya seperti Sultan et al (2019); Luzati, et al (2018), Chen, et al (2020), Wang, et al (2015) serta Hanif dan Gago-de-Santos, (2016) karena pada penelitian ini memasukkan instrumen industrialisasi sebagai proksi dari sektor pengguna energi paling dominan.

BAB VI

KESIMPLAN DAN REKOMENDASI

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis sesuai rumusan masalah yang dipaparkan di latar belakang, penelitian ini secara garis besar menghasilkan dua simpulan utama.

Pertama, dalam jangka panjang jumlah penduduk perkotaan dan konsumsi energi terbarukan signifikan mempengaruhi emisi CO₂ di kawasan ASEAN 5. Sedangkan industrialisasi dan pertumbuhan ekonomi tidak signifikan memengaruhi emisi CO₂.

Sementara dalam jangka pendek menunjukkan industrialisasi dan konsumsi energi terbarukan signifikan memengaruhi emisi CO₂ di kawasan ASEAN 5. Sedangkan variabel jumlah penduduk perkotaan dan pertumbuhan GDP tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap emisi CO₂ di kawasan ASEAN 5.

Selanjutnya, dalam hubungan antara pertumbuhan GDP yang mencerminkan pertumbuhan ekonomi dengan degradasi lingkungan yang ditunjukkan oleh emisi CO₂ dituangkan dalam hipotesis EKC seperti pada rumusan masalah kedua. Dalam hipotesis EKC menekankan hubungan antara Eksistensi hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) di Indonesia, Thailand dan Filipina, Malaysia, dan Singapura menunjukkan indikasi pola EKC *Inverted-U* dengan *turning point* yang berbeda-beda.

Indonesia adalah negara dengan jumlah emisi CO₂ terbesar dengan pola EKC yakni *M-shape*. Thailand memiliki pola EKC yang sama dengan Indonesia namun dengan emisi CO₂ yang sedikit lebih rendah karena tingkat pertumbuhan ekonomi yang juga lebih rendah. Malaysia, Filipina dan Singapura memiliki pola EKC dengan turning

point yang lebih banyak. Singapura memiliki emisi CO2 paling kecil dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang tertinggi.

6.2 Rekomendasi

Beberapa rekomendasi berdasarkan simpulan antara lain:

1. Ketegasan regulasi terlebih terkait industrialisasi dengan disertakan analisis dampak lingkungan sangat penting untuk dilakukan mengingat dalam jangka pendek, hasil analisis menunjukkan bahwa industrialisasi di ASEAN 5 berpengaruh signifikan terhadap peningkatan emisi CO2.
2. Terkait dengan akses mobilitas penduduk sejalan dengan peningkatan penduduk juga penting diperhatikan untuk lebih menekankan pada transportasi umum dibandingkan transportasi pribadi. Hal ini dapat menjadi salah satu upaya untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil yang akan berdampak pada peningkatan emisi CO2 di ASEAN 5.
3. Pemanfaatan dan peningkatan kajian serta inovasi dalam menciptakan alternatif solusi untuk energi terbarukan perlu ditingkatkan baik dari segi praktik maupun sisi kelembagaan bagi setiap stakeholder terkait. Hal ini untuk mencapai sinergi yang maksimal untuk mencapai pembangunan berkelanjutan tanpa mengorbankan salah satu aspek. Sehingga untuk mencapai pembangunan berkelanjutan diharapkan tidak mengorbankan aspek lain seperti aspek ekonomi, sosial maupun lingkungan agar dapat berjalan beriringan.

DAFTAR PUSTAKA

Abolhosseini, S. et al. 2014. A Review of Renewable Energy Supply and Energy Efficiency Technologies. *IZA DP NO.* 8145, (8145).

Acheampong, Alex O. Economic Growth, CO 2 Emissions and Energy Consumption: What Causes what and where? July 2018 Energy Economics. DOI:10.1016/j.eneco.2018.07.022

Adams, D. et al. 2019. Globalisation, governance, accountability and the natural resource 'curse': implications for socio-economic growth of oil-rich developing countries. *Resource Policy* 61 (6), 128–140.

Adams, D. et al. 2019. The role of country-level institutional factors in escaping the natural resource curse: insights from Ghana. *Resource Policy* 61 (6), 433–440.

Akenroye, T, O. 2018. Towards implementation of sustainable development goals (SDG) in developing nations : A useful funding framework. *International Area Studies Review*, 21(1), 3–8. <https://doi.org/10.1177/2233865917743357>

Alam, Mahmudul., Murad, Md. Wahid., Hanifa Md, Abu & Noman, Ilhan Ozturk. 2016. Relationships among carbon emissions, economic growth, energyconsumption and population growth: Testing Environmental KuznetsCurve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators* 70 (2016) 466–479

Altıntaş, H and Kassour, Y. 2020. Is the environmental Kuznets Curve in Europe related to the per-capita ecological footprint or CO2 emissions? *Ecological Indicators* Volume 113, June 2020, 106187

Anwar, Asim., Younis, Mustafa., Ullah, Inayat. 2020. Impact of Urbanization and Economic Growth on CO2 Emission: A Case of Far East Asian Countries. *MDPI International Journal of Environmental Research and Public Health*.

Arshad, H. and Muhammad, T. 2019. Natural resources volatility and economic growth : evidence from the resource-rich region. *MPRA Munich Personal RePEc Archive*, (92293).

ASEAN Corporation. 2020. ASEAN Sustainable Development Goals Indicators Baseline Report 2020.

ASEAN Secretary. 2017. Fifth ASEAN State of the Environment Report. www.asean.org

- Asvanyj, K. et al. 2017. Literature review of renewable energi in the tourism industry. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 2(February 2020). [https://doi.org/10.14505/jemt.v8.2\(18\).21](https://doi.org/10.14505/jemt.v8.2(18).21)
- Atangana, P. and Henri, O. 2019. Natural resources curse : A reality in Africa. *Resources Policy Journal*, 63(January). <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101406>
- Auty, R.1998. resource abundance and economic development. *UNU/- World Institute for Development Economics Research*. Oxford University, Helsinki, Finland.
- Beckerman, W. 1992. Economic growth and the environment. Whose growth? Whose environment?. *World Development* 20(4), 481–496.
- Benavides, Mayra., Ovalle, Kevin., Torres, Carolina., Vince, Tatiana. 2017. Economic Growth, Renewable Energy and Methane Emissions: Is there an Enviromental Kuznets Curve in Austria? *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2017, 7(1), 259-267.
- Ben-salha, O. et al. 2018. Natural resource rents and economic growth in the top resource-abundant countries : A PMG estimation. *Resources Policy*, (September 2017), 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.07.005>
- Bhagawati, J.1993. The case for free trade. *Scientific American*, 42–49
- Bhatia, A., and Gupta, N. 2015. GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND GLOBAL WARMING.
- Bhattacharya, Amar., Oppenheim, Jeremy and Stern, Nicholas. 2015. Driving Sustainable Development Through Better Infrastructure: Key Elements Of A Transformation Program. *Global Economy & Development Working Paper 91* | July 2015.
- Bhattacharya, M. et al. 2016. The effect of renewable energi consumption on economic growth : Evidence from top 38 countries. *Applied Energi*, 162, 733–741 .
- Bilan, Yuriy., Streimikiene, Dalia., Vasylieva, Tetyana., Lyulyov, Oleksii., Pimonenko, Tetyana & Pavlyk, Anatolii. 2019. Linking between Renewable Energy, CO2 Emissions, and Economic Growth: Challenges for Candidates and Potential Candidates for the EU Membership. *MDPI Sustainability*.
- Boksh, M. 2013. Renewable Energi for Newfoundland and Labrador Policy Formulation and Decision Making. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 4(2): 91-97. doi:10.14505/jemt.v4.2(8).04

- Borhan, H. et al. 2012. The Impact of Co 2 on Economic Growth in Asean 8. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 35 (2012) 389 – 397 AicE-Bs, 35(December 2011), 389–397. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.02.103>
- Chakraborty SK. And Mazzanti M. 2020. Energi intensity and green energi innovation: Checking heterogenous country effects in the OECD. *Struct Change Econ Dyn* 2020;52:328–43.
- CISL. 2017. Towards a sustainable economy. “The commercial imperative for business to deliver the UN Sustainable Development Goals. University of Cambride, Institute for Sustainable Leadership.
- De Groot, H.L.F. 2004. Dynamics of China's regional development and pollution: an investigation into the Environmental Kuznets Curve. *Environment and Development Economics* 9(4): 507-538.
- Dinda, S. 2004. Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49, 431– 455.
- Donastorg, A. et al. 2017. Financing Renewable Energi Projects in Developing Countries : A Critical Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 83(1).
- Emas, Rachel. (2015). Brief for GSDR 2015 The Concept of Sustainable Development: Definition and Defining Principles. Florida International University.
- Erdogan, S. et al. 2019. A note on time-varying causality between natural gas consumption and economic growth in Turkey. *Resources Policy*, 64(August). <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101504>
- Erum, N. and Hussain, S. 2019. Corruption , natural resources and economic growth : Evidence from OIC countries. *Resources Policy*, 63(June), 101429. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101429>
- Finance and Development. 2018. Point One of the most vulnerable regions to climate change is witnessing the world's biggest jump in greenhouse gas emissions.
- Gawande, K. et al. 2000. Internal migration and the Environmental Kuznets Curve for U.S. haz- ardous waste sites. *Ecological Economics* 33 (1), 151–166.
- Gawande, K. et al. 2001. A consumption- based theory of the environmental Kuznets curve. *Ecological economics* 37 (1), 101–112.
- Gelb, A.H., 1988. *Windfall Gains: Blessing or Curse?*. Oxford University Press, New York, NY

- Ginevicius, R. et al. 2017. The Evolution of the Environmental Kuznets Curve Concept: The Review of the Research. *Panoeconomicus*, 64(1), 93–112. <https://doi.org/10.2298/PAN150423012G>
- Gorjian, S. 2018. An Introduction to the Renewable Energi Resources. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27055.53928>
- Grether, J.-M and Melo, J. de. 2002. Globalization and dirty industries: do pollution havens matter? *Department d'économie and Politique, Neuchatel, Switzerland. Mimeo.*
- Groot, H. L. F., C. A. Withagen, and M. Zhou. 2004. "Dynamics of China's Regional Development and Pollution: an Investigation into the Environmental Kuznets Curve." *Environment and Development Economics* 9:507–37.
- Grossman, G.M., Krueger, A.B. 1991. Environmental impacts of the North American Free Trade Agreement. *NBER Working paper* 3914.
- Guo, W. 2018. An Analysis of energi consumption and economic growth of Cobb-Douglas production function based on ECM An Analysis of energi consumption and economic growth of Cobb-Douglas production function based on ECM. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.*
- Gylfason, T. 2001. Natural resources, education, and economic development. *European Economic Review* 45, 847–859.
- Hanif, I and Gago-de-Santos, P. 2016. The importance of population control and macroeconomic stability to reducing environmental degradation: An empirical test of the environmental Kuznets curve for developing countries. *Environmental Development.*
- Holden, E. et al. 2014. Sustainable development: Our Common Future revisited. *Glob. Environ. Chang.* 26, 130–139. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.006>
<https://environment.asean.org/asean-working-group-on-climate-change/>
- IEA. 2007b. Energi Balances of non-OECD countries 1971–2005', CD-ROM. *Paris: OECD/IEA.*
- Ilislam, F. et al. 2013. Is There an Environmental Kuznets Curve for Bangladesh? Evidence from ARDL Bounds Testing Approach. *Bangladesh Development Studies*, XXXVI(4).
- J.G.J. Olivier and J.A.H.W. Peters. 2020. Trends in Global Co2 And Total Greenhouse Gas Emissions. *PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.*

- Janssens-Maenhout, G., Crippa, M., Guizzardi, D., Muntean, M., Schaaf, E., Olivier, J.G.J., Peters, J.A.H.W., & Schure, K.M. 2017. Fossil CO₂ & GHG emissions of all world countries JRC Science For Policy Report
- Jaramillo-nieves, L. and Río, P. 2010. Contribution of Renewable Energi Sources to the Sustainable Development of Islands: An Overview of the Literature and a Research Agenda. *Sustainability*, 783–811. <https://doi.org/10.3390/su2030783>
- Jiang, Y., Lin, T. And Zhuang, J. 2008. ADB Economics Working Paper Series. *ADB Economics Working Paper Series*, (141).
- Jula, D. et al. 2015. Environmental Kuznets curve : Evidence from Romania. *Theoretical and Applied Economics*, XXII(1), 85–96.
- Kabel, T. S and Bassim, M. 2019. Literature Review of Renewable Energi Policies and Impacts, 8659(August), 28–41.
- Kumi, E. et al. 2019. The Extractive Industries and Society Private sector participation in advancing the Sustainable Development Goals (SDGs) in Ghana: Experiences from the mining and telecommunications sectors. *The Extractive Industries and Society*, (December 2018), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2019.12.008>
- Kuznets, S. 1955. Economic growth and income inequality. *American Economic Review*, 49: 1-28
- Kweku, D. W. 2018. Greenhouse Effect : Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming. *Journal of Scientific Research & Reports*, (February). <https://doi.org/10.9734/JSRR/2017/39630>
- Kyn, P. 2020. Composite index as a measure on achieving Sustainable Development Goal 9 (SDG-9) industry-related targets : The SDG-9 index, 265(September 2019). <https://doi.org/10.1016/j.apenergi.2020.114755>
- Lawson, Late.,Roberto Martino.,Phu Nguyen-Van. 2020. Environmental convergence and environmental Kuznets curve: A unified empirical framework. BETA - Bureau d'Économie Théorique et Appliquée.
- Li, Z. 2018. Research on dynamic relationship between natural gas consumption and economic growth in China. *Structural Change and Economic Dynamics*. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2018.11.006>
- Liu, Li-Jun.Song, Min, Qu, Bao-Xiang. 2007. Exploring the Environmental Kuznets Curve Hypothesis between Economic Growth and Farmland Conversion in China. *Journal- Faculty of Agriculture Kyushu University* 53(1):321-327. DOI:10.5109/10109

- Lu, W. 2017. Greenhouse Gas Emissions , Energi Consumption and Economic Growth : A Panel Cointegration Analysis for 16 Asian Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health* Article. <https://doi.org/10.3390/ijerph14111436>
- Luzzati, Tommaso., Orsini, Marco & Gucciardi, Gianluca. 2018. A multiscale reassessment of the Environmental Kuznets Curve for energy and CO2 emissions. *Energy Policy* 122:612-621. DOI:10.1016/j.enpol.2018.07.019
- Manzano, O. and Gutiérrez, J. D. 2019. The Extractive Industries and Society The subnational resource curse : Theory and evidence. *The Extractive Industries and Society*, 6(March), 261–266. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2019.03.010>
- Marina, M. 2020. Renewable energi consumption and economic growth: Causality relationship in Central and Eastern European countries. *PLOS ONE*, 1–29.
- Navarrete, S. et al. 2020. Environmental upgrading and the United Nations Sustainable Development Goals. *Journal of Cleaner Production* 264 (2020) 121563
- Navarrete, S. et al. 2020. Environmental upgrading and the United Nations Sustainable Development Goals. *Journal of Cleaner Production*, 121563. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121563>
- NOAA. 2019. NOAA Science Report National Oceanic and Atmospheric Administration U.S. Department of Commerce.
- OECD. 2013. Towards Green Growth in Southeast Asia Solutions for Policy Makers. www.oecd.org
- Olivier, J.G.J. & Peters, J.A.H.W. 2020. Trends In Global Co2 And Total Greenhouse Gas Emissions 2019 Report. PBL Netherlands Assesment Agency.
- Osobajo, Oluyomi A., Otitoju, Afolabi ., Otitoju, Martha Ajibola & Oke, Adekunle. 2020. The Impact of Energy Consumption and Economic Growth on Carbon Dioxide Emissions. MDPI Sustainability.
- Panayotou, T. 1993. Empirical tests and policy analysis of envi- ronmental degradation at different stages of economic development, ILO, Technology and Employment Programme, Geneva. Environmental Kuznets curve hypothesis. *Ecological Economics* 36 (3), 513–531.
- Panayotou, T. 2003. Economic Growth And The Environment. *Economic Survey of Europe*, No. 2, 45-72.
- Pesaran, M.H. et al. 2001. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *J. Appl. Econom.* 16, 289–326.

- Rennkamp, B. 2017. Competing coalitions : The politics of renewable energi and fossil fuels in Mexico, South Africa and Thailand. *Energi Research & Social Science*, 34, 214–223.
- Riekhof, M. C. et al. 2018. Economic growth, international trade, and the depletion or conservation of renewable natural resources. *Journal of Environmental Economics and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2018.04.008>
- Sachs Jeffrey D. et al. 2019. Six Transformations to achieve the Sustainable Development Goals. *Nature Sustainability* 2019;2:805–14
- Sachs, J. and Warner, A. 1995a. Natural Resource Abundance and Economic Growth. *NBER Working Paper series* 5398, December, 1–47.
- Sachs, J., Warner, A., 1999. Natural resource intensity and economic growth. In: Development Policies in Natural Resource Economies, eds. Jo'rg Mayer, Brian Chambers, and Ayisha Farooq. Edward Elgar, Cheltenham, UK, 13–38.
- Sandin Gustav and Peters Greg M. 2018. Environmental impact of textile reuse and recycling – A review. *J Cleaner Prod* 2018;184:353–65
- Satti, S.L. et al. 2014. Empirical evidence on the resource curse hypothesis in oil abundant economy. *Econ. Model.* 42, 421–429.
- Schipper, L. et al. 1986. Energi use in the service sector: An international perspective. *Energi Policy*, 14(3): 201-218. doi:10.1016/0301-4215(86)90144-8
- Schroder, Enno and Storm, S. 2018. Economic Growth and Carbon Emissions : The Road to " Hothouse Earth " is Paved with Good Intentions. *Intitute for New Economic Thinking*, (84).
- Schultheis, E. 2013. Contradicting settled science, Donald Trump says "nobody really knows" on climate change. *CBS News*; 2013.
- Shahbaz, M. 2019. An empirical note on comparison between resource abundance and resource dependence in resource abundant countries. *Resources Policy*, 60(October 2018), 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.12.002>
- Shikwambana, Lerato., Mhangara, Paidamwoyo & Kganyago, Mahlatse. 2021. Assessing the Relationship between Economic Growth and Emissions Levels in South Africa between 1994 and 2019. *MDPI Sustainability*.
- Shulze, M. 2016. Energi management in industry – a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*, 112: 3692- 3708. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.060>

Stern, David I. 2004. Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8): 1419-1439. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>

Sterpu, M. 2018. Impact of Economic Growth and Energi Consumption on Greenhouse Gas Emissions : Testing Environmental Curves Hypotheses on EU Countries. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su10093327>

Sultan, Z. A. 2019. Energi Consumption and Economic Growth : The Evidence from India. *International Journal of Energi Economics and Policy*, (September). <https://doi.org/10.32479/ijeep.8030> The Hague, 2020.

The Royal Society. 2010. Climate change: A summary of the science. *London: The Royal Society Science Policy Centre*; 2010.

Torvik, Ragnar. 2002. Natural Resources, rent seeking, and welfare. *J. Dev. Econ.* 67, 455–470.

Twumasi, Yaw.A. 2017. Relationship between CO2 Emissions and Renewable Energy Production in the United States of America. *Archives of Current Research International* 7(1): 1-12, 2017; Article no. ACRI.30483 ISSN: 2454-7077.

U.S. 2007. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. Gas Inventories. Intergovernmental panel on climate change; 2007. Available:<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>

UNIDO. Industrial Development Report 2016. UNIDO, Vienna; 2016

Varun, Bhat, I. K. and Prakash, R. 2009. Life cycle analysis of renewable energi for electricity generation systems - a review. *Renewable and Sustainable Energi Reviews*, 13(5): 1067–1073. doi:10.1016/j.rser.2008.08.004

Wardhono, Adhitya, Yulia Indrawati, Ciplis Gema Qori'ah dan M. Abd. Nasir. 2019. Analisis Data Time Series dalam Model Makroekonomi. Pustaka Abadi.

Wasif, M. et al. 2019. The impact of natural resources , human capital , and foreign direct investment on the ecological footprint : The case of the United States. *Resources Policy*, 63(June), 101428. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101428>

WCED. 1987. *Nosso Futuro Comum*, 1. Ed. Brasileira. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

WCED. 1987. *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*

Winnie, B. 2015. SDG Implementation Framework Effective public service for SDG implementation.

World Meteorological Organization. (2016). The Global Climate in 2011–2015. ISBN: 978-92-63-11179-1. <https://public.wmo.int/en/resources/library/global-climate-2011%E2%80%932015>

World Meteorological Organization. 2015. The Global Climate 2015-2019. Wmo library

Yurtagüler, İ M. and Kutlu, S. 2017. An Econometric Analysis of the Environmental Kuznets Curve: The Case of Turkey. *Alphanumeric Journal*, 5(1). <https://doi.org/10.17093/alphanumeric.304256>

Zafeiriou, E. et al. 2018. Greenhouse Gas Emissions and Economic Performance in EU Agriculture : An Empirical Study in a Non-Linear Framework. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su10113837>.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Uji Stasioneritas Data (Unit Root Test)

Variabel CO2

Level

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series: CO2

Date: 01/06/21 Time: 21:31

Sample: 2007 2016

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Total (balanced) observations: 40

Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	15.4376	0.1169
ADF - Choi Z-stat	0.25221	0.5996

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results CO2

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.0652	1	1	8
2	0.7397	1	1	8
3	0.2967	1	1	8
4	0.9999	1	1	8
5	0.0311	1	1	8

First Different

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series: D(CO2)

Date: 11/14/20 Time: 10:21

Sample: 2007 2016

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Total (balanced) observations: 35

Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	21.7795	0.0163
ADF - Choi Z-stat	-2.08883	0.0184

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results D(CO2)

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.0154	1	1	7
2	0.0288	1	1	7
3	0.2084	1	1	7
4	0.8092	1	1	7
5	0.2502	1	1	7

Second Different

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series: D(CO2,2)

Date: 01/06/21 Time: 21:32

Sample: 2007 2016

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Total (balanced) observations: 30

Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	36.8652	0.0001
ADF - Choi Z-stat	-4.09238	0.0000

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results D(CO2,2)

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.0136	1	1	6
2	0.0047	1	1	6
3	0.0052	1	1	6
4	0.0925	1	1	6
5	0.3253	1	1	6

Variabel Renewable Energy Level

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series: RENEWABLE ENERGY

Date: 01/06/21 Time: 21:57

Sample: 2007 2016

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Total (balanced) observations: 40

Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	7.53010	0.6746
ADF - Choi Z-stat	1.81974	0.9656

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results RENEWABLE_ENERGY

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.9910	1	1	8
2	0.2031	1	1	8
3	0.4789	1	1	8
4	0.2405	1	1	8
5	0.9995	1	1	8

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series: D(RENEWABLE_ENERGY)

Date: 01/06/21 Time: 21:58

Sample: 2007 2016

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Total (balanced) observations: 35

Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	3.82385	0.9549
ADF - Choi Z-stat	2.10450	0.9823

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results D(RENEWABLE_ENERGY)

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.9285	1	1	7
2	0.4576	1	1	7
3	0.8156	1	1	7
4	0.4283	1	1	7
5	0.9957	1	1	7

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series: D(RENEWABLE_ENERGY,2)



Date: 01/06/21 Time: 21:39

Sample: 2007 2016

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Total (balanced) observations: 30

Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	3.15444	0.0076
ADF - Choi Z-stat	-1.66022	0.9516

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results D(RENEWABLE_ENERGY,2)

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.8790	1	1	6
2	0.7232	1	1	6
3	0.5911	1	1	6
4	0.5896	1	1	6
5	0.9323	1	1	6

GDP growth

Level

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series: GDP_GROWTH

Date: 01/06/21 Time: 21:35

Sample: 2007 2016

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Total (balanced) observations: 40

Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	16.1018	0.0968
ADF - Choi Z-stat	-1.68713	0.0458

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results GDP_GROWTH

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.3613	1	1	8
2	0.1315	1	1	8



3	0.1162	1	1	8
4	0.5659	1	1	8
5	0.1021	1	1	8

First Different

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(GDP_GROWTH)
 Date: 11/14/20 Time: 10:23
 Sample: 2007 2016
 Exogenous variables: Individual effects
 User-specified lags: 1
 Total (balanced) observations: 35
 Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	47.1864	0.0000
ADF - Choi Z-stat	-5.13650	0.0000

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results D(GDP_GROWTH)

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.0784	1	1	7
2	0.0045	1	1	7
3	0.0175	1	1	7
4	0.0004	1	1	7
5	0.0230	1	1	7

Second Different

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(GDP_GROWTH,2)
 Date: 01/06/21 Time: 21:36
 Sample: 2007 2016
 Exogenous variables: Individual effects
 User-specified lags: 1
 Total (balanced) observations: 30
 Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	60.3171	0.0000
ADF - Choi Z-stat	-6.20842	0.0000

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results D(GDP_GROWTH,2)

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.0255	1	1	6
2	0.0020	1	1	6
3	0.0050	1	1	6
4	0.0001	1	1	6
5	0.0023	1	1	6

Industry

Level

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: INDUSTRY
 Date: 01/06/21 Time: 21:36
 Sample: 2007 2016
 Exogenous variables: Individual effects
 User-specified lags: 1
 Total (balanced) observations: 40
 Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	8.73091	0.5578
ADF - Choi Z-stat	0.62969	0.7356

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results INDUSTRY

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.7843	1	1	8
2	0.0438	1	1	8
3	0.9225	1	1	8
4	0.4850	1	1	8
5	0.8279	1	1	8

First Different

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(INDUSTRY)
 Date: 11/14/20 Time: 10:24
 Sample: 2007 2016
 Exogenous variables: Individual effects
 User-specified lags: 1
 Total (balanced) observations: 35
 Cross-sections included: 5



Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	31.2396	0.0005
ADF - Choi Z-stat	-3.55563	0.0002

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results D(INDUSTRY)

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.0186	1	1	7
2	0.0909	1	1	7
3	0.2325	1	1	7
4	0.0027	1	1	7
5	0.1531	1	1	7

Second Different

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series: D(INDUSTRY,2)

Date: 01/06/21 Time: 21:37

Sample: 2007 2016

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Total (balanced) observations: 30

Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	28.4489	0.0015
ADF - Choi Z-stat	-3.12460	0.0009

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results D(INDUSTRY,2)

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.0052	1	1	6
2	0.5776	1	1	6
3	0.0871	1	1	6
4	0.0314	1	1	6
5	0.0800	1	1	6

Pop Growth

Level

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)



Series: POP_GROWTH
 Date: 01/06/21 Time: 21:37
 Sample: 2007 2016
 Exogenous variables: Individual effects
 User-specified lags: 1
 Total (balanced) observations: 40
 Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	2.71073	0.9874
ADF - Choi Z-stat	2.46790	0.9932

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results POP_GROWTH

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.9861	1	1	8
2	0.9549	1	1	8
3	0.5412	1	1	8
4	0.9180	1	1	8
5	0.5511	1	1	8

First Different

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(POP_GROWTH)
 Date: 01/06/21 Time: 21:38
 Sample: 2007 2016
 Exogenous variables: Individual effects
 User-specified lags: 1
 Total (balanced) observations: 35
 Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	12.2651	0.2677
ADF - Choi Z-stat	-1.14948	0.1252

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results D(POP_GROWTH)

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.3980	1	1	7
2	0.1837	1	1	7
3	0.4561	1	1	7
4	0.2072	1	1	7

Second Different

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series: D(POP_GROWTH,2)

Date: 11/14/20 Time: 10:26

Sample: 2007 2016

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Total (balanced) observations: 30

Cross-sections included: 5

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	17.8318	0.0579
ADF - Choi Z-stat	-1.47518	0.0701

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results D(POP_GROWTH,2)

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
1	0.1178	1	1	6
2	0.7092	1	1	6
3	0.3192	1	1	6
4	0.5713	1	1	6
5	0.0088	1	1	6

Uji Kointegrasi

Date: 11/14/20 Time: 10:57

Sample (adjusted): 2011 2016

Included observations: 30 after adjustments

Trend assumption: Linear deterministic trend

Series: DCO2 DINDUSTRY DPOP_GROWTH DRENEWABLE_ENERGY GDP_GROWTH

Lags interval (in first differences): 1 to 2

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.785822	107.7275	69.81889	0.0000
At most 1 *	0.706314	61.49904	47.85613	0.0016
At most 2	0.357888	24.74173	29.79707	0.1709
At most 3	0.307729	11.45195	15.49471	0.1852

At most 4 0.013856 0.418601 3.841466 0.5176

Trace test indicates 2 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Max-Eigen Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.785822	46.22844	33.87687	0.0011
At most 1 *	0.706314	36.75731	27.58434	0.0025
At most 2	0.357888	13.28978	21.13162	0.4259
At most 3	0.307729	11.03335	14.26460	0.1526
At most 4	0.013856	0.418601	3.841466	0.5176

Max-eigenvalue test indicates 2 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b*S11*b-l):

DCO2	DINDUSTRY	DPOP_GROWT H	DRENEWABLE_ ENERGY	GDP_GROWTH
4.30E-05	-0.532138	-4.12E-07	-2.568758	0.012464
2.78E-05	-2.231186	7.23E-08	1.928087	-0.082968
0.000108	1.080855	3.59E-07	0.738279	-0.496437
-0.000101	-0.174206	-5.49E-08	-2.037515	-0.664340
3.96E-05	-0.526629	-8.55E-07	1.094954	-0.077281

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

D(DCO2)	-5261.032	869.8073	-8239.642	6192.568	732.1819
D(DINDUSTRY)	0.462885	0.565049	-0.096670	0.061204	-0.002956
D(DPOP_GROWTH)	27411.22	-13249.04	-6147.032	-4373.850	-7537.766
D(DRENEWABLE_ ENERGY)	1.388430	-0.586216	-0.095499	0.035488	0.117634
D(GDP_GROWTH)	0.467219	-0.020960	0.419323	0.407186	-0.037882

1 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -838.1752

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

DCO2	DINDUSTRY	DPOP_GROWT H	DRENEWABLE_ ENERGY	GDP_GROWTH
1.000000	-12368.62	-0.009571	-59706.32	289.6950
	(7406.97)	(0.00291)	(10461.8)	(2389.55)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(DCO2)	-0.226347 (0.19284)
D(DINDUSTRY)	1.99E-05 (7.5E-06)
D(DPOP_GROWTH)	1.179319 (0.69680)
D(DRENEWABLE_ENERGY)	5.97E-05 (1.4E-05)
D(GDP_GROWTH)	2.01E-05 (1.1E-05)

2 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -819.7966

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

	DCO2	DINDUSTRY	DPOP_GROWTH	DRENEWABLE_ENERGY	GDP_GROWTH
DCO2	1.000000	0.000000	-0.011789 (0.00337)	-83224.64 (12378.0)	886.2583 (2931.07)
DINDUSTRY	0.000000	1.000000	-1.79E-07 (8.7E-08)	-1.901450 (0.31917)	0.048232 (0.07558)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

	DCO2	DINDUSTRY	DPOP_GROWTH	DRENEWABLE_ENERGY	GDP_GROWTH
D(DCO2)	-0.202158 (0.22937)		858.8926 (10270.3)		
D(DINDUSTRY)		3.56E-05 (5.8E-06)	-1.507049 (0.25932)		
D(DPOP_GROWTH)		0.810875 (0.81412)	14974.51 (36452.5)		
D(DRENEWABLE_ENERGY)		4.34E-05 (1.6E-05)	0.569121 (0.70420)		
D(GDP_GROWTH)		1.95E-05 (1.3E-05)	-0.201858 (0.59060)		

3 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -813.1517

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

	DCO2	DINDUSTRY	DPOP_GROWTH	DRENEWABLE_ENERGY	GDP_GROWTH
DCO2	1.000000	0.000000	0.000000	-7169.662 (7283.46)	-3279.901 (1812.10)
DINDUSTRY	0.000000	1.000000	0.000000	-0.744480 (0.22951)	-0.015145 (0.05710)
DPOP_GROWTH	0.000000	0.000000	1.000000	6451488. (1010805)	-353401.3 (251485.)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)



D(DCO2)	-1.089575 (0.48116)	-8046.969 (10229.8)	-0.000728 (0.00222)
D(DINDUSTRY)	2.52E-05 (1.3E-05)	-1.611536 (0.28079)	-1.84E-07 (6.1E-08)
D(DPOP_GROWTH)	0.148834 (1.88744)	8330.461 (40128.9)	-0.014451 (0.00872)
D(DRENEWABLE_ENERGY)	3.31E-05 (3.7E-05)	0.465901 (0.77637)	-6.48E-07 (1.7E-07)
D(GDP_GROWTH)	6.47E-05 (2.8E-05)	0.251369 (0.60287)	-4.34E-08 (1.3E-07)

4 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -807.6350

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

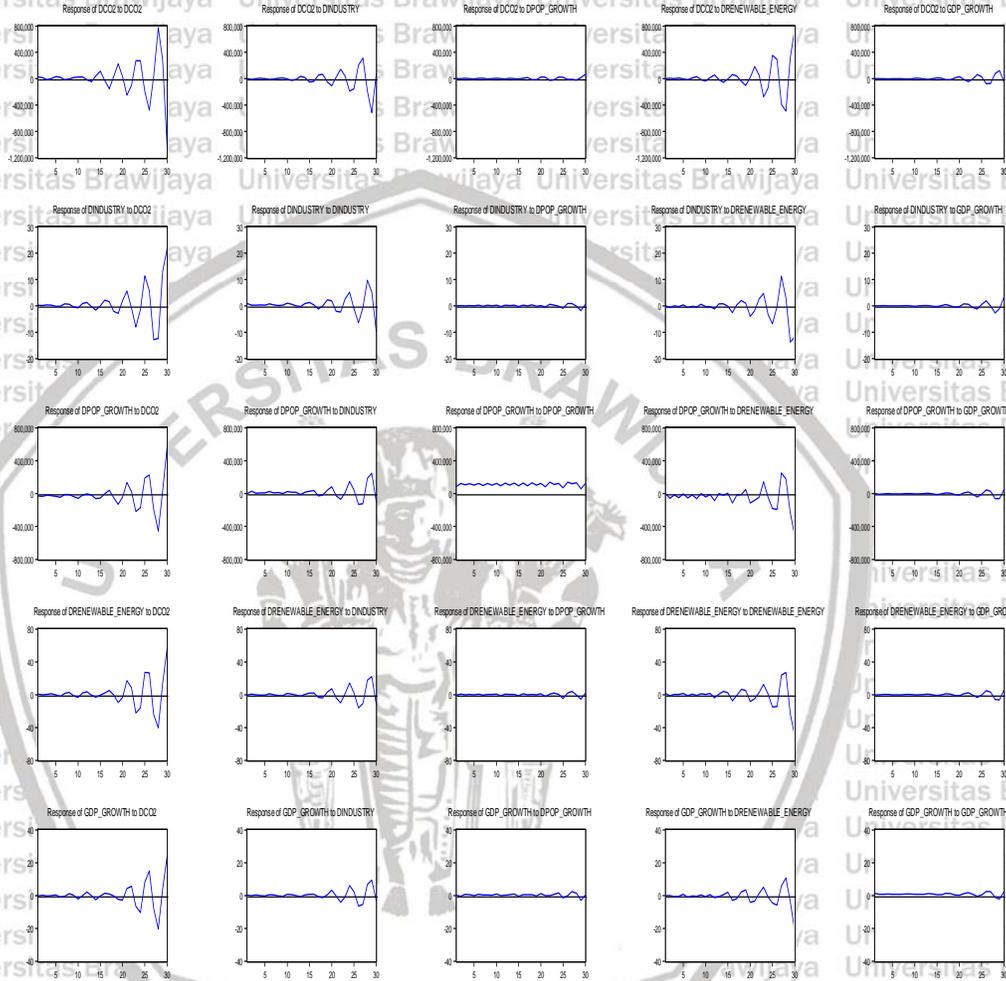
	DCO2	DINDUSTRY	DPOP_GROWTH	DRENEWABLE_ENERGY	DGDP_GROWTH
DCO2	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-404.7718 (1484.69)
DINDUSTRY	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.283402 (0.10481)
DPOP_GROWTH	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	-2940534. (950732.)
DRENEWABLE_ENERGY	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.401013 (0.13467)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

	DCO2	DINDUSTRY	DPOP_GROWTH	DRENEWABLE_ENERGY	DGDP_GROWTH
D(DCO2)	-1.712340 (0.58675)	-9125.753 (9559.35)	-0.001068 (0.00208)	-3509.221 (14572.7)	
D(DINDUSTRY)	1.91E-05 (1.7E-05)	-1.622198 (0.27905)	-1.88E-07 (6.1E-08)	-0.295648 (0.42540)	
D(DPOP_GROWTH)	0.588697 (2.46365)	9092.413 (40138.1)	-0.014210 (0.00874)	-91584.53 (61188.4)	
D(DRENEWABLE_ENERGY)	2.96E-05 (4.8E-05)	0.459718 (0.77791)	-6.50E-07 (1.7E-07)	-4.839629 (1.18588)	
D(DGDP_GROWTH)	2.37E-05 (3.4E-05)	0.180435 (0.55287)	-6.58E-08 (1.2E-07)	-1.760657 (0.84282)	

Lampiran 2. Impulse Response Function

Response to Cholesky One S.D. Innovations



Lampiran 3. Hasil Estimasi VECM

Vector Error Correction Estimates:

Date: 11/14/20 Time: 10:51

Sample (adjusted): 2011 2016

Included observations: 30 after adjustments

Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegrating Eq:	CoIntEq1
DCO2(-1)	1.000000
DINDUSTRY(-1)	12368.62 (7406.97) [1.66986]
DPOP_GROWTH(-1)	0.009571 (0.00291) [3.28607]
DRENEWABLE_ENERGY(-1)	-59706.32 (10461.8) [-5.70706]
GDP_GROWTH(-1)	289.6950 (2389.55) [0.12123]
C	-12524.17

Error Correction:	D(DCO2)	D(DINDUSTRY)	D(DPOP_GROWTH)	D(DRENEWABLE_ENERGY)	D(DGDP_GROWTH)
CoIntEq1	-0.226347 (0.19284) [-1.17376]	1.99E-05 (7.5E-06) [2.64963]	1.179319 (0.69680) [1.69248]	5.97E-05 (1.4E-05) [4.12407]	2.01E-05 (1.1E-05) [1.81424]
D(DCO2(-1))	0.056674 (0.16332) [0.34702]	-1.26E-05 (6.4E-06) [-1.97269]	-0.666580 (0.59013) [-1.12954]	-6.24E-05 (1.2E-05) [-5.08334]	-1.14E-05 (9.4E-06) [-1.21869]
D(DCO2(-2))	-1.040923 (0.19742) [-5.27269]	-5.22E-06 (7.7E-06) [-0.67807]	-1.213475 (0.71335) [-1.70110]	-5.49E-05 (1.5E-05) [-3.70098]	-1.59E-05 (1.1E-05) [-1.39882]
D(DINDUSTRY(-1))	-12552.98 (3460.64) [-3.62736]	-0.674676 (0.13488) [-5.00196]	22525.14 (12504.6) [1.80135]	0.760648 (0.25993) [2.92630]	-0.039665 (0.19883) [-0.19949]
D(DINDUSTRY(-2))	-2450.083 (3559.36)	-0.364296 (0.13873)	18126.10 (12861.3)	0.630836 (0.26735)	0.365336 (0.20451)

		[-0.68835]	[-2.62594]	[1.40935]	[2.35959]	[1.78643]
D(DPOP_GROWTH(-1))	0.030240 (0.05829) [0.51875]	-7.07E-07 (2.3E-06) [-0.31127]	0.197578 (0.21064) [0.93800]	-1.40E-06 (4.4E-06) [-0.32042]	-7.79E-06 (3.3E-06) [-2.32463]	
D(DPOP_GROWTH(-2))	0.058528 (0.05757) [1.01669]	-1.21E-06 (2.2E-06) [-0.53732]	-0.165942 (0.20801) [-0.79775]	-2.90E-06 (4.3E-06) [-0.66958]	8.04E-06 (3.3E-06) [2.43046]	
D(DRENEWABLE_ENE RGY(-1))	-10941.39 (8724.93) [-1.25404]	0.854106 (0.34006) [2.51160]	33230.26 (31526.6) [1.05404]	1.615638 (0.65535) [2.46532]	1.115873 (0.50130) [2.22596]	
D(DRENEWABLE_ENE RGY(-2))	-11667.98 (6797.97) [-1.71639]	0.457441 (0.26496) [1.72646]	31557.56 (24563.7) [1.28472]	0.767562 (0.51061) [1.50323]	0.256195 (0.39058) [0.65593]	
D(GDP_GROWTH(-1))	652.1490 (1421.95) [0.45863]	-0.056681 (0.05542) [-1.02270]	-5094.616 (5138.07) [-0.99154]	-0.083003 (0.10681) [-0.77715]	-0.528149 (0.08170) [-6.46453]	
D(GDP_GROWTH(-2))	83.51867 (1384.12) [0.06034]	0.013261 (0.05395) [0.24581]	-1470.667 (5001.35) [-0.29405]	-0.072321 (0.10396) [-0.69564]	-0.268160 (0.07953) [-3.37199]	
C	-3444.121 (4674.93) [-0.73672]	0.128867 (0.18221) [0.70724]	-6040.954 (16892.3) [-0.35761]	-0.076620 (0.35114) [-0.21820]	-0.299417 (0.26860) [-1.11472]	
R-squared	0.871324	0.782533	0.286522	0.651934	0.824695	
Adj. R-squared	0.792689	0.649636	-0.149493	0.439227	0.717565	
Sum sq. resids	1.08E+10	16.48053	1.42E+11	61.20545	35.81319	
S.E. equation	24549.96	0.956862	88708.52	1.843991	1.410540	
F-statistic	11.08061	5.888275	0.657139	3.064936	7.698038	
Log likelihood	-338.1597	-33.58289	-376.6991	-53.26374	-45.22494	
Akaike AIC	23.34398	3.038859	25.91327	4.350916	3.814996	
Schwarz SC	23.90446	3.599338	26.47375	4.911395	4.375475	
Mean dependent	755.4020	0.010185	-7433.100	-0.099000	-0.657242	
S.D. dependent	53918.79	1.616551	82739.38	2.462437	2.654152	
Determinant resid covariance (dof adj.)		1.64E+19				
Determinant resid covariance		1.27E+18				
Log likelihood		-838.1752				
Akaike information criterion		60.21168				
Schwarz criterion		63.24761				

