

BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR /SKRIPSI

SKRIPSI BERJUDUL

**PENGARUH HUBUNGAN ANTARA EMISI KARBON DIOKSIDA, KONSUMSI ENERGI
HYDROELECTRICITY TERHADAP PRODUK DOMESTIK BRUTO STUDI EMPIRIS DI
EMPAT NEGARA ASEAN (INDONESIA, MALAYSIA, FILIPINA, DAN THAILAND)**

Disusun Oleh : **SYAHTRIAGUM SYAHRIR**

Nomor Mahasiswa : **18313372**

✓ Telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan dinyatakan **LULUS**

Pada hari, tanggal: **Rabu, 12 Oktober 2022**

Penguji/ Pembimbing Skripsi : Prastowo,,S.E., M.Ec.Dev.

Penguji : Indah Susantun,Dra.,M.Si.

.....

.....

Mengetahui

Dekan Fakultas Bisnis dan Ekonomika
Universitas Islam Indonesia



Johan Arrifin, SE., M.Si.,Ph.D.,CFrA.

**PENGARUH HUBUNGAN ANTARA EMISI KARBON DIOKSIDA,
KONSUMSI ENERGI *HYDROELECTRICITY* TERHADAP PRODUK
DOMESTIK BRUTO STUDI EMPIRIS DI EMPAT NEGARA ASEAN
(INDONESIA, MALAYSIA, FILIPINA, DAN THAILAND)**

Jhy ACE
15/9
5.9
22
dyh/ce

SKRIPSI



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

Disusun Oleh:

Nama : Syahtriagum Syahrir

Nomor Mahasiswa : 18313372

Program Studi : Ekonomi Pembangunan

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS BISNIS DAN EKONOMIKA**

2022

Pengaruh Hubungan Antara Emisi Karbon Dioksida, Konsumsi Energi *Hydroelectricity*
Terhadap Produk Domestik Bruto Studi Empiris di Empat Negara ASEAN
(Indonesia, Malaysia, Filipina, Dan Thailand)

SKRIPSI

disusun dan diajukan untuk memenuhi syarat ujian akhir
guna memperoleh gelar Sarjana jenjang Strata 1
Program Studi Ekonomi Pembangunan,
pada Fakultas Bisnis dan Ekonomika
Universitas Islam Indonesia

Oleh :

Nama : Syahtriagum Syahrir
Nomor Mahasiswa : 18313372
Program Studi : Ekonomi Pembangunan

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS BISNIS DAN EKONOMIKA

2022

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi ini telah ditulis dengan sungguh-sungguh dan tidak ada bagian yang dapat dikategorikan dalam tindakan plagiasi seperti dimaksud dalam buku pedoman penulisan skripsi Program Studi Ekonomi Pembangunan FBE UII. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman atau sanksi apapun sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 15 September 2022

Penulis,



Syahtriagung Syahrir

PENGESAHAN

Pengaruh Hubungan Antara Emisi Karbon Dioksida, Konsumsi Energi *Hydroelectricity*
Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Diempat Negara ASEAN

(Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Thailand)

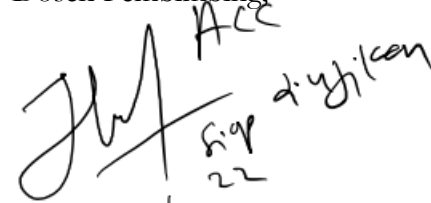
Nama : Syahtriagum Syahrir

Nomor Mahasiswa : 18313372

Program Studi : Ekonomi Pembangunan

Yogyakarta, 12 September 2022

Telah disetujui dan disahkan oleh
Dosen Pembimbing

 Ace
22
di-yogyakarta

Prastowo, S.E., M.Ec.Dev
NIP: 153131321

الجمعة الاستاذة الانيسة

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Karena sesungguhnya, sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah: 5)

“Segala hal yang dimulai dengan *Bismillah*, akan ditutup dengan *Alhamdulillah*”

Alhamdulillahirabbal'alamin

Dengan mengucap rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT, terima kasih atas segala nikmat yang berupa kesehatan, kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Pengaruh Hubungan Antara Emisi Karbon Dioksida, Konsumsi Energi *Hydroelectricity* Terhadap Produk Domestik Bruto Studi Empiris di Empat Negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Thailand)” sebagai salah satu prasyarat untuk meraih gelar Sarjana Ekonomi pada Fakultas Bisnis dan Ekonomika Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak, dan mempersembahkan skripsi ini untuk:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Syahrir dan Ibu Syahriani yang sangat penulis sayangi dan hormati, terima kasih tak terhingga atas segala dukungan, nasehat, motivasi, do'a dan kasih sayang yang telah bapak ibu berikan kepada penulis.
2. Saudara saudari penulis yang tercinta Syahriska Syahrir, Syahtriyuninsih Syahrir, Syahriawan Syahrir dan Syahtrialdi Syahrir atas dukungan, semangat dan do'a sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
3. Semua sahabat penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat serta senantiasa membantu dan kebersamaan penulis selama menempuh studi di Yogyakarta.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan karunianya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Hubungan Antara Emisi Karbon Dioksida, Konsumsi Energi *Hydroelectricity* Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Empat Negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Thailand)”

Salawat dan salam tercurahkan kepada Rasulullah SAW yang senantiasa memberi teladan baik, sebagai sumber inspirasi penulis dan seluruh umat manusia.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada beberapa pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini, meliputi:

1. Bapak Johan Arifin, S.E., M.Si., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Bisnis dan Ekonomika Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Abdul Hakim, S.E., M.Ec., Ph.D, selaku Kaprodi Ilmu Ekonomi dan seluruh jajaran pengurus Prodi Ilmu ekonomi.
3. Bapak Prastowo, S.E., M.Ec., Dev, selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa sabar membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Kedua orang tua penulis, Bapak Syahrir dan Ibu Syahriani yang sangat penulis sayangi dan hormati, atas segala dukungan, nasehat, motivasi, do'a dan kasih sayang yang telah bapak dan ibu berikan kepada penulis.
5. Saudara saudari penulis yang tercinta Syahtriskha Syahrir, Syahtriyuninsih Syahrir, Syahtriawan Syahrir dan Syahtrialdi Syahrir atas dukungan, semangat dan do'a sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Sahabat DPR Planet Mars, Salsabilla Tiaratama H.W. dan Ghufron Wahyu Mahendra, yang selalu memberikan dukungan, semangat serta senantiasa membantu dan membersamai penulis selama menempuh studi di Yogyakarta.

7. Sahabat Katakita, Adim Windi Yad'ulah, Ikrar Aruming Wilujeng, Hendrawan, Salsabilla Tiaratama H.W. dan Wanda Anggiya Murda yang senantiasa memberikan semangat, dukungan serta kebersamaan penulis selama berada di Yogyakarta.
8. Keluarga besar IPMAPI Sul-Sel DIY (Ikatan Pelajar Mahasiswa Pinrang Yogyakarta) dan HMJIE FBE UII (Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Ekonomi), dua organisasi tempat penulis berproses dan belajar “tak terhingga” selama menempuh studi di kota istimewa Yogyakarta.

Penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini bisa bermanfaat untuk banyak pihak.



DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	IV
PENGESAHAN	V
HALAMAN PERSEMBAHAN	VI
KATA PENGANTAR	VII
DAFTAR ISI	IX
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR TABEL	XI
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Kajian Pustaka	8
2.1.1 Konsumsi <i>Hydroelectricity</i> dan PDB	8
2.1.2 Konsumsi <i>Hydroelectricity</i> dan Emisi CO ₂	10
2.2 Landasan Teori	11
2.2.1 Emisi Karbon Dioksida (CO ₂)	11
2.2.2 Konsumsi Energi <i>Hydroelectricity</i>	13
2.2.3 Pertumbuhan Ekonomi	13
2.3 Hipotesis	16
2.3.1 Emisi Karbon Dioksida berindikasi berpengaruh terhadap produk domestik bruto (PDB)	16
2.3.2 Konsumsi <i>Hydroelectricity</i> berindikasi berpengaruh terhadap produk domestik bruto (PDB)	16
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Jenis dan Sumber Data	18
3.2 Metode Analisis	18

3.2.1	Unit Root Test (Uji Stasioner)	19
3.2.2	Uji Kointegrasi (<i>Cointegration Test</i>).....	20
3.2.3	<i>Granger Causality Test</i> pada Panel VECM	22
3.2.4	Model Empiris Panel VECM.....	23
3.2.5	Analisis <i>Impulse Response Function</i> (IRF)	24
BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....		25
4.1	Deskripsi Data Penelitian.....	25
4.2	Analisis Deskriptif.....	25
4.3	Pengujian Model Regresi	26
4.3.1	Uji Stasioneritas Data	26
4.3.2	Uji Kointegrasi	27
4.3.3	<i>Granger Causality Test</i> pada Panel VECM	28
4.3.4	Model Empiris Panel VECM.....	30
4.3.5	Analisis Hubungan Masing-Masing Variabel Independen Terhadap Variabel Dependen	31
4.4	Pembahasan	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		35
5.1	Kesimpulan.....	35
5.2	Implikasi.....	36
5.3	Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....		38
LAMPIRAN.....		41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peningkatan Emisi CO ₂ ASEAN	4
Gambar 1.2 Penggunaan Hydroelectricity diempat Negara ASEAN.....	5
Gambar 2.1 Komposisi Penggunaan Listrik Untuk Berbagai Kegiatan.....	12
Gambar 2.2 Komposisi Penggunaan Listrik Untuk Berbagai Kegiatan Industri.....	12
Gambar 2.3 Kurva Lingkungan Kuznet (EKC)	15
Gambar 4.1 Hasil Uji Impulse Response Function (IRF).....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Definisi Variabel	18
Tabel 4.1 Hasil Uji Statistik Deskriptif.....	25
Tabel 4.2 Hasil Uji Unit Root Test	27
Tabel 4.3 Hasil Uji Kao Test	28
Tabel 4.4 Hasil Granger Causality Test.....	29
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Jangka Pendek	30
Tabel 4.6 Hasil Wald Test	31

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan jangka panjang dan jangka pendek serta hubungan kausalitas konsumsi energi *hydroelectricity* dan emis karbon dioksida terhadap produk domestik bruto di empat negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Filipina dan Thailand) pada periode 1988-2018. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Panel *Vector Error Corection Model* (PVECM) untuk mendapatkan hasil hubungan jangka panjang, hubungan jangka pendek serta hubungan kausalitas setiap variabel. Hasil uji kausalitas menunjukkan bahwa terdapat kausalitas satu arah antara variabel Produk Domestik Bruto (PDB) dan Emisi CO₂, Emisi CO₂ dan *hydroelectricity*, dan antara Produk Domestik Bruto (PDB) terhadap *hydroelectricity*, serta semua variabel memiliki hubungan baik jangka pendek maupun jangka panjang. Penelitian ini sejalan dengan teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC).

Keywords: Emisi CO₂, Konsumsi energi *Hydroelectricity*, Produk Domestik Bruto, *Environmental Kuznets Curve*.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi yang bisa mensejahterakan masyarakat secara general adalah target pembangunan setiap negara. Akan tetapi, pertumbuhan ekonomi tidak lepas dari yang namanya *trade-off* berupa eksternalitas negatif yang justru bisa menekan kesejahteraan masyarakat. Tol (2012) menyebutkan bahwa salah satu eksternalitas negatif yang timbul akibat proses pertumbuhan ekonomi yaitu perubahan iklim (*climate change*) akibat emisi karbon dioksida. Perekonomian suatu bangsa berlangsung dengan dorongan dari berbagai hal, salah satunya penggunaan energi. Dari banyaknya jenis energi, fosil merupakan salah satu energi yang komponennya paling tinggi dipakai di berbagai kawasan penjuru dunia dibidang ekonomi. Dengan adanya pelebaran kawasan penggunaan di berbagai negara maju dan berkembang sehingga menarik perhatian banyak pihak karena timbul masalah yang cukup memprihatinkan, yaitu kelangkaan sumber daya energi terutama minyak bumi dan terjadinya pemanasan global yang diakibatkan dari meningkatnya emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO₂).

Permasalahan energi yang sifatnya menyeluruh ini menuntut penggunaan sumber daya energi dikelola secara efisien (Rahmadani, 2019). Saat ini, ada dua konsep energi yang dikenal oleh dunia, yaitu energi konvensional dan energi terbarukan. Secara general, energi terbarukan dimaknai sebagai energi yang bersumber dari matahari, air, panas bumi, biomassa, dan angin sehingga energi terbarukan dinilai lebih aman, bersih, serta tidak pernah abis. Berbeda dengan energi konvensional, energi ini lebih mudah habis karena bersumbernya dari alam dan ketersediannya terbatas, seperti bahan bakar fosil yang didalamnya mencakup minyak, gas alam, dan batu bara. Hal ini yang menyebabkan perkembangan energi terbarukan lebih cepat dan diprediksi mampu menggantikan energi konvensional pada penggunaan energi secara menyeluruh.

Negara-negara yang mengadopsi aturan bahwa pendapatan yang tinggi sudah seharusnya sadar akan kualitas lingkungan di sekitarnya dan berkomitmen

untuk mengurangi emisi karbon dioksida dan kelima gas rumah kaca lainnya, atau melakukan Kerja sama dalam perdagangan emisi apabila mereka menjaga atau menambah emisi gas-gas yang merupakan penyebab terjadinya pemanasan global, hal ini dijelaskan dalam perjanjian Kyoto mengenai konvensi rangka kerja PBB tentang perubahan iklim. Berdasarkan penelitian para ahli, dengan menekan CO₂ mampu menekan angka pemanasan global (Change, 2005). Dalam upaya menekan angka pemanasan global ini, energi terbarukan merupakan pemegang peran penting dalam mengurangi 50% karbon dioksida global pada tahun 2050 ketika rata-rata peningkatan suhu global secara jangka panjang dibatasi mulai 2 hingga 2.41C. Selain mampu menekan angka pemanasan global, energi terbarukan juga dianggap mampu menekan ketergantungan terhadap penggunaan energi yang bersumber dari bahan bakar fosil yang di impor dan mengurangi pengeluaran negara.

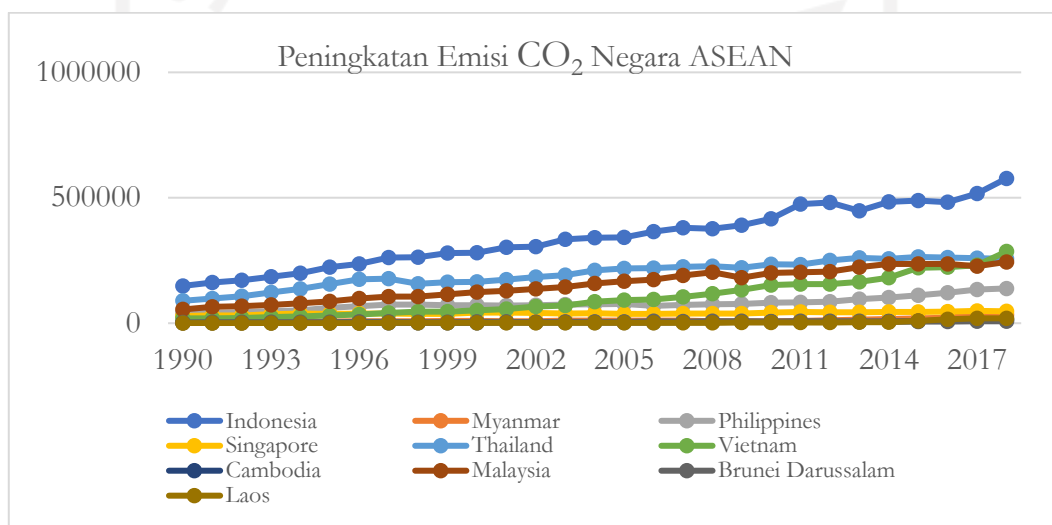
Secara cepat energi terbarukan memperkuat perannya dalam memenuhi kebutuhan energi di berbagai penjuru dunia, dengan kata lain, perkembangan investasi dibidang energi terbarukan mengalami percepatan baik di negara maju maupun negara berkembang. Berdasarkan data yang dirilis oleh (Renewables, 2019), pada 2019 penggunaan energi terbarukan di ASEAN menyumbang rata-rata 45.7%, termasuk didalamnya Indonesia menyumbang sebesar 47% terkhusus pada konsumsi *hydropower* dan *bioenergy*. Dengan kemunculan *hydroelectricity* atau tenaga air menjadi energi pengganti yang lebih ramah lingkungan serta mampu membantu mengurangi terjadinya kelangkaan energi dan tentunya menekan angka emisi karbon dioksida. *Hydroelectricity* ini merupakan energi yang bersumber dari air yang mengalir, dengan cara membendung aliran air sehingga mampu menjadi pembangkit energi. *Hydroelectricity* biasanya digunakan untuk menghasilkan energi listrik yang bisa bermanfaat mulai kebutuhan sektor rumah tangga hingga kebutuhan sektor industri. Kelebihan dari penggunaan energi *hydroelectricity* ini tentunya lebih hemat, lebih bersih, ramah lingkungan, dan terbarukan.

Nani dkk (2019) menjelaskan dalam penelitiannya tentang hubungan kausalitas energi *hydroelectricity* terhadap pertumbuhan ekonomi, negara yang memiliki pendapatan yang tinggi biasanya lebih sadar akan keadaan lingkungannya, serta memikirkan kondisi dan kualitas udaranya sehingga negara dengan penghasilan yang tinggi lebih memilih menerapkan energi terbarukan untuk melakukan pembangunan berkelanjutan. Dalam lingkup ASEAN, ada empat negara yang telah menerapkan *hydroelectricity* yaitu Indonesia, Thailand, Malaysia, dan Filipina selain keempat negara ASEAN tersebut ada beberapa negara juga yang menerapkan *hydroelectricity* yaitu negara yang tergolong dalam kategori *high income*. Indonesia merupakan negara berkembang dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang tergolong pada tingkatan menengah. Dalam beberapa dekade belakangan ini, pertumbuhan ekonomi Indonesia cenderung mengalami peningkatan di setiap tahunnya. Berbeda dengan negara yang tergolong dalam kategori *high income*, negara tersebut memiliki pemasukan yang tinggi dan tentunya tingkat pertumbuhan ekonominya tinggi.

Kategori negara yang termasuk dalam *high income* adalah negara yang telah maju dan menerapkan sistem perekonomian yang sudah mumpuni, serta fasilitas dan infrastrukturnya sudah tidak perlu diragukan lagi. Negara dengan kategori *high income* tentunya menerapkan energi terbarukan pada negaranya agar menjadi negara yang ramah lingkungan dan tercipta kualitas lingkungan yang baik. Dalam bernegara tentunya selain memperhitungkan terkait ekonomi, persoalan lingkungan juga perlu dibahas secara mendalam, hal itulah yang diterapkan oleh negara dalam kategori *high income* (Noor & Saputra, 2020), mereka melakukan perawatan lingkungan dengan menerapkan energi *hydroelectricity* dengan tujuan untuk menekan emisi CO₂ yang menjadi salah faktor terbesar terjadinya pemanasan global.

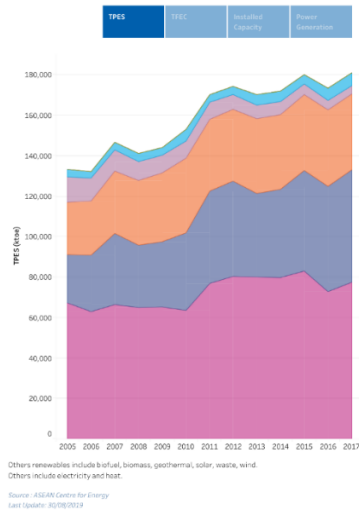
Kemunculan *hydroelectricity* sebagai energi pengganti yang jauh lebih ramah lingkungan yang mampu memenuhi kebutuhan energi dan menekan angka emisi karbon dioksida (Devana, 2019). *Hydroelectricity* merupakan energi yang dihasilkan

dari air yang mengalir, dengan cara membendung aliran air dan menjadikannya sebagai pembangkit energi. Hal ini bisa dimanfaatkan untuk menjadikan *Hydroelectricity* ini sebagai metode lain yang mampu menghasilkan energi listrik pengganti dalam menunjang kebutuhan rumah tangga dan industri. Sehingga dengan penerapan metode *Hydroelectricity* ini selain lebih ramah lingkungan, diharapkan kasus emisi karbon dioksida penyebab pemanasan global juga bisa berkurang.

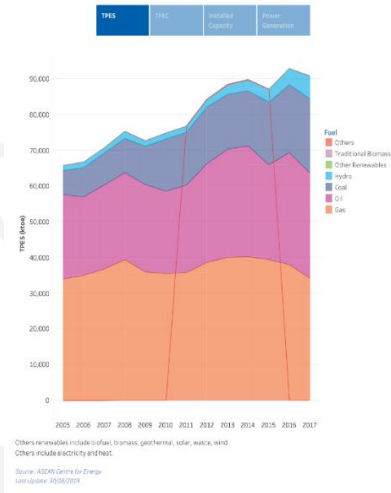


Gambar 1.1 Peningkatan Emisi CO₂ ASEAN
(Bank, Data, 2020) (Diolah)

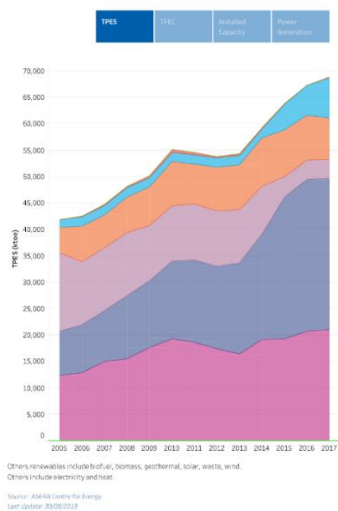
Penerapan *hydroelectricity* sebenarnya belum banyak di dunia. Di sektor negara ASEAN sendiri, hanya beberapa negara yang menerapkan metode *hydroelectricity* ini yaitu, Indonesia, Malaysia, Filipina dan Thailand. Pengidentifikasian sebagai negara berkembang yang sedang berada pada tahap pembangunan dianggap sulit untuk menekan kerusakan lingkungan karena perlunya pembangunan ekonomi dan lemahnya kesadaran lingkungan masyarakat (Noor & Adi, 2022). Namun demikian, upaya untuk membangun paradoks bahwa tidak selamanya berpolusi menjadi alasan untuk memenuhi kebutuhan ekonomi dengan mencoba menerapkan penggunaan *hydroelectricity*.



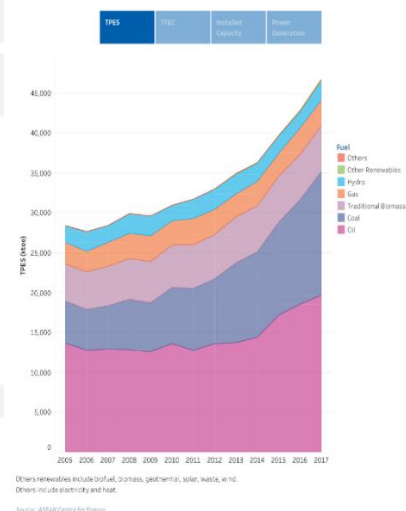
Indonesia



Malaysia



Thailand



Filipina

Gambar 1.2 Penggunaan Hydroelectricity diempat Negara ASEAN (ASEAN Centre For Energy)

Meskipun kuantitasnya masih terbilang sedikit, tiap tahunnya terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Tentu hal ini berpengaruh terhadap penggunaan listrik energi konvensional yang selama ini banyak digunakan dalam hal produksi barang dan jasa diberbagai negara yang secara tidak langsung dapat mempengaruhi

pertumbuhan ekonomi. Dari hal tersebut peneliti tertarik untuk mencari tahu dengan melakukan penelitian yang berjudul **“Pengaruh Hubungan Antara Emisi Karbon Dioksida, Konsumsi Energy *Hydroelectricity* Terhadap Produk Domestik Bruto di Empat Negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Thailand)”**.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Apakah terdapat hubungan jangka pendek dan jangka panjang antara penggunaan *hydroelectricity*, emisi karbon dioksida, dan produk domestik bruto (PDB)?
- 1.2.2 Apakah terdapat kausalitas antara emisi karbon dioksida terhadap penggunaan energi *hydroelectricity* dan produk domestik bruto (PDB)?

1.3 Tujuan Penelitian

Merujuk dari latar belakang dan permasalahan yang telah di paparkan, tujuan dari disusunnya penelitian ini yaitu untuk menganalisis kointegrasi, hubungan sebab akibat dan dinamika keterkaitan di antara variabel-variabel yang ada. Dengan spesifikasi sebagai berikut:

- 1.3.1 Untuk menganalisis hubungan jangka pendek dan jangka panjang antara penggunaan *hydroelectricity*, emisi karbon dioksida, dan produk domestik bruto (PDB).
- 1.3.2 Untuk menganalisis hubungan kausalitas emisi karbon dioksida terhadap penggunaan energi *hydroelectricity* dan produk domestik bruto (PDB).

1.4 Manfaat Penelitian

Secara garis besar ada beberapa poin manfaat yang dapat dihasilkan dari penelitian ini, yaitu:

1.4.1 Manfaat Teoritis

Dari penelitian ini diharapkan kita dapat mengetahui bukti empiris adanya kointegrasi, kausalitas dan dinamika antara penggunaan *hydroelectricity* dalam menekan emisi karbon dalam upaya meningkatkan pertumbuhan ekonomi tanpa harus merusak lingkungan yang disebabkan

oleh emisi karbon melalui polusi metana, penggunaan listrik, gas industri yang dihasilkan dari proses produksi.

1.4.2 Manfaat Praktis

1.4.2.1 Bagi Penulis

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi ilmu dan pengetahuan baru bagi penulis, selain itu penulis juga berharap penelitian ini bisa menjadi bahan referensi baru untuk peneliti-peneliti selanjutnya yang ada kaitannya dengan emisi karbon dioksida, konsumsi energi *hydroelectricity* khususnya terkait produk domestik bruto (PDB).

1.4.2.2 Bagi Akademik

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk meningkatkan daftar referensi Universitas Islam Indonesia khususnya Program Studi Ekonomi Pembangunan yang berkaitan dengan tema penelitian ini yaitu hubungan antara emisi karbon dioksida, konsumsi energi *hydroelectricity* terhadap produk domestik bruto (PDB).

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Analisis pada penelitian ini menerapkan analisa secara eksploratif dan kuantitatif dengan ekonometrika. Analisis yang dimuat pada penelitian ini terbatas mengenai hubungan antara emisi karbon dioksida, konsumsi energi *hydroelectricity* terhadap produk domestik bruto di empat negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Filipina dan Thailand). Oleh sebab itu faktor-faktor dari lingkup eksternal yang dianggap mampu memengaruhi analisis penelitian ini dianggap konstan. Adapun periode data yang digunakan dalam analisis penelitian ini yaitu 30 tahun dimulai dari tahun 1988 sampai dengan tahun 2018.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Environmental Kuznets Curve (EKC) merupakan metode yang mengaitkan perubahan lingkungan terhadap tingkat pendapatan perkapita. Dalam hipotesis EKC dikatakan bahwa perhatian daerah yang memiliki pendapatan yang rendah akan lebih berfokus bagaimana pendapatan daerah tersebut bisa meningkat tanpa memperhatikan permasalahan kualitas lingkungan. Seiring pembangunan ekonomi dan meningkatnya pendapatan suatu daerah, produksi manufaktur yang menghasilkan sebagian besar produk domestik regional bruto sejalan dengan meningkatnya polusi yang dihasilkan oleh proses produksi tersebut (Ridwan, 2020).

Husna & Idris (2019) dalam penelitiannya tentang pengaruh konsumsi energi dan rezim terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia menyebutkan bahwa pertumbuhan ekonomi merupakan peningkatan kemampuan suatu negara dalam kurun waktu yang cukup panjang untuk menyediakan produk atau barang ekonomi untuk masyarakatnya. Dalam sebuah tulisan juga dikatakan bahwa, kemampuan tumbuh suatu negara dapat dilihat dari teknologi yang canggih, penyesuaian kelembagaan, dan adanya ideologi. Ada tiga makna yang bisa ditarik dari pengertian tersebut, pertama pertumbuhan ekonomi suatu negara ditinjau dari peningkatan yang secara konsisten sehingga menghasilkan persediaan barang. Kedua, faktor teknologi yang canggih menjadi faktor tumbuhnya tingkat kemampuan dalam penyaluran berbagai informasi untuk masyarakat. Ketiga, untuk menunjang penggunaan hasil inovasi manusia sains secara efisien sehingga diperlukan penyesuaian dalam kelembagaan dan ideologi.

2.1.1 Konsumsi *Hydroelectricity* dan PDB

Penelitian yang dilakukan oleh Abakah, (1993) tentang keterkaitan tiga sumber energi yang berbeda, yaitu minyak bumi, arang dan pembangkit listrik tenaga air serta pertumbuhan ekonomi di Ghana selama periode 1976-1990. Penelitian tersebut menunjukkan konsumsi listrik

menggunakan *hydroelectricity* dan minyak bumi di Ghana berdampak positif terhadap PDB di negara tersebut baik jangka pendek maupun jangka Panjang, adapun hasil dari konsumsi arang menunjukkan hubungan yang negative dengan PDB.

Okafar, (2012) dalam penelitiannya terkait hubungan kausalitas antara konsumsi energi terpilah, antara lain: batu bara, hydro, minyak, dan pertumbuhan ekonomi di Nigeria dan Afrika Selatan pada tahun 1970-2010. Pada penelitian tersebut peneliti menemukan terjadinya hubungan kausalitas dua arah antara pertumbuhan ekonomi dengan konsumsi energi tenaga air.

Zilamba, (2013) pada penelitiannya tentang hubungan antara konsumsi listrik dengan *hydroelectricity* terhadap pertumbuhan ekonomi di tiga negara Afrika, yaitu: Mesir, Afrika Selatan, dan Aljazair 1980-2009. Hasil empiris dari penelitian ini menunjukkan adanya dampak positif dari penggunaan *hydroelectricity* terhadap pertumbuhan ekonomi di dua negara (Mesir dan Afrika Selatan). Sedangkan di Aljazair terdapat hubungan kausalitas antara konsumsi listrik *hydroelectricity* dan pertumbuhan ekonomi, sedangkan di Afrika Selatan terdapat kausalitas satu arah antara pertumbuhan ekonomi dengan konsumsi listrik *hydroelectricity*. Namun di negara Mesir tidak terjadi kausalitas antara dua variabel tersebut.

Bildrici, (2014) membahas antara hubungan konsumsi energi tenaga air, emisi karbon dioksida, dan pertumbuhan ekonomi di 15 negara dengan perbedaan periode waktu. Pada penelitian tersebut menunjukkan terkait adanya hipotesis konservasi di Jerman, hipotesis di pertumbuhan di Austria, dan hipotesis netralitas di Inggris. Akan tetapi, hipotesis umpan balik dibuat antara konsumsi *hydro* energi dengan pertumbuhan ekonomi di beberapa negara yang berbeda. Pada penelitian terbarunya Bildrici, (2016) hasil analisisnya menunjukkan hubungan sebab akibat satu arah antara variabel konsumsi *hydro* energi dengan pertumbuhan ekonomi pada

beberapa negara OECD terhadap negara yang berpendapatan tinggi. Penelitian ini juga menunjukkan hubungan sebab akibat satu antara variabel pertumbuhan ekonomi terhadap konsumsi *hydro* energi di AS, Brasil, Finlandia, Meksiko, dan Turki pada jangka pendek. Selanjutnya, hasil penelitiannya juga mengkonfirmasi adanya hubungan sebab akibat dua arah dalam jangka Panjang terhadap kedua variabel tersebut.

2.1.2 Konsumsi *Hydroelectricity* dan Emisi CO₂

Dalam 20 tahun terakhir, tidak sedikit penelitian yang mengkonfirmasi konsumsi energi dinegara berkembang dan negara maju mengarah pada emis CO₂. Berangkat dari permasalahan tersebut, sehingga banyak negara mulai membuat kebijakan dalam memenuhi kebutuhan energi mereka dengan mempertimbangkan peran energi terbarukan tanpa perlu khawatir adanya penurunan kesehatan dan kualitas lingkungan. Penelitian Bildrici (2014) yang mengkaji antara hubungan konsumsi *hydro* energi, pertumbuhan ekonomi, dan emisi karbon dioksida di 15 negara. Peneliti mencatat tidak terdapat kausalitas antara konsumsi energi *hydroelectricity* dan emisi karbon dioksida di Belgia, Inggris, dan Islandia. Akan tetapi, terdapat hubungan sebab akibat satu arah antara variabel emisi karbon dioksida terhadap konsumsi energi tenaga air di seluruh negara.

Devana & Nani, (2019) dalam penelitiannya yang menganalisis hubungan kausalitas antara konsumsi *hydroelectricity*, pertumbuhan ekonomi, dan emisi karbon dioksida di Malaysia pada tahun 1965-2010. Hasil penelitian secara empiris menunjukkan bahwa konsumsi *hydroelectricity* dan emisi karbon dioksida dalam jangka pendek saling mempengaruhi. Tidak berbeda dengan sebelumnya, dalam jangka panjang, pertumbuhan ekonomi dan konsumsi *hydroelectricity* menyebabkan pengaruh terhadap emisi karbon dioksida.

Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Bildrici & Gougmenoglu (2017) membahas hubungan antara konsumsi *hydroelectricity*,

pertumbuhan ekonomi, dan emisi CO₂ di negara-negara G7 dalam kerangka kerja multivarian pada tahun 1961-2013. Hasil penelitiannya menunjukkan adanya hubungan sebab akibat satu arah dari penggunaan energi *hydroelectricity* hingga pertumbuhan ekonomi secara menyeluruh serta hubungan sebab akibat dua arah antara variabel konsumsi energi *hydroelectricity* hingga pertumbuhan ekonomi di beberapa negara G7. Penelitian ini juga menunjukkan hubungan sebab akibat yang searah dari emisi karbon dioksida terhadap penerapan energi *hydroelectricity* dalam perilaku pertama hingga perilaku ketiga. Sedangkan hubungan sebab akibat searah ditinjau dari penerapan energi *hydroelectricity* terhadap emisi karbon dioksida di beberapa negara G7. Berikutnya terdapat hubungan sebab akibat dua arah antara emisi karbon dioksida dan pertumbuhan ekonomi dalam seluruh perilaku.

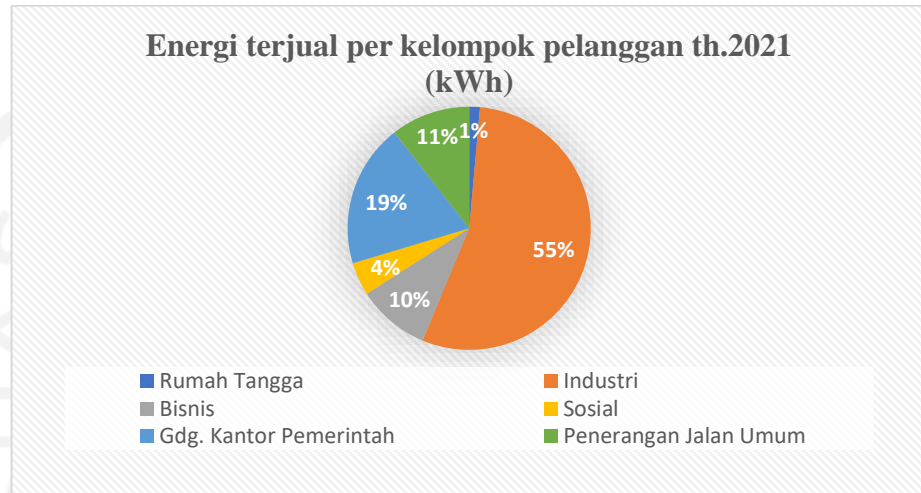
2.2 Landasan Teori

2.2.1 Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

Tertulis dalam *Cambridge Dictionary* emisi karbon diartikan sebagai zat-zat yang keluar berupa panas, gas, hingga cahaya dari objek atau senyawa. Sehingga bisa diartikan bahwa emisi karbon adalah pelepasan senyawa karbondioksida ke lapisan atmosfer atau merupakan pelepasan gas-gas hasil dari pembakaran senyawa CO₂ dari bahan bakar minyak, bensin, solar, LPJ, batu bara, pembangkit listrik, hingga rokok.

Salah satu penyebab terbentuknya emisi karbon yaitu karena adanya pembakaran bahan bakar fosil dibidang transportasi, manufaktur, dan transportasi serta emisi yang dihasilkan oleh penggunaan listrik dalam menunjang keperluan produksi barang dan jasa yang dikonsumsi. Menurut (Soedomo, 1999) masak memasak merupakan aktivitas rumah tangga terpenting yang menghasilkan zat pencemaran. Selain proses konsumsi, proses produksi juga menjadi pemicu penggunaan listrik terbesar sehingga

menghasilkan emisi karbon dioksida. Berikut gambaran penggunaan listrik dari data statistik PLN tahun 2021:



Gambar 2.1 Komposisi Penggunaan Listrik Untuk Berbagai Kegiatan (PLN, 2022) (Diolah)



Gambar 2.2 Komposisi Penggunaan Listrik Untuk Berbagai Kegiatan Industri (PLN, 2022) (Diolah)

Pada Gambar 2.1 diatas, terlihat bahwa penyumbang terbesar dari penggunaan listrik adalah sektor industri. Hal ini menggambarkan bahwa proses produksi menjadi salah satu penyumbang emisi karbon dioksida yang cukup tinggi, sehingga perlu adanya metode untuk mengurangi emisi karbon yang dihasilkan oleh proses produksi tersebut.

Teorinya, ada dua faktor penting yang mampu menurunkan karbon dioksida secara alami, yaitu adanya badan air seperti sungai atau danau dan penghijauan. Dengan adanya badan air seperti sungai atau danau

diharapkan mampu menyerap CO₂ dan bisa menjadi bak pencuci (sink) yang besar. Sedangkan penghijauan dibutuhkan sebagai langkah awal pengendalian pencemaran udara ambien, yang berupa taman kota, kebun dan halaman dengan harapan tanaman akan menyerap karbon dioksida dalam proses *photosynthesis*. Selain secara alami, proses pengurangan angka emisi karbon dioksida bisa ditekan dengan cara buatan, yaitu dengan mengganti penggunaan listrik yang berbahan dasar energi konvensional menjadi energi terbarukan.

2.2.2 Konsumsi Energi *Hydroelectricity*

Hydroelectricity muncul sebagai energi pengganti yang jauh lebih ramah lingkungan yang mampu memenuhi kelangkaan energi dan menekan angka emisi karbon dioksida (Devana, 2019). *Hydroelectricity* merupakan energi yang dihasilkan dari air yang mengalir, dengan cara membendung aliran air dan menjadikannya sebagai pembangkit energi. Hal ini bisa dimanfaatkan untuk menjadikan *Hydroelectricity* ini sebagai metode lain yang mampu menghasilkan energi listrik pengganti dalam menunjang kebutuhan rumah tangga dan industri. Sehingga dengan penerapan metode *Hydroelectricity* ini selain lebih ramah lingkungan, diharapkan kasus emisi karbon dioksida penyebab pemanasan global juga bisa berkurang.

2.2.3 Pertumbuhan Ekonomi

Pertumbuhan ekonomi menurut (Kuznets, 1955), merupakan kenaikan jangka panjang perihal kemampuan suatu negara dalam menyediakan berbagai jenis barang ekonomi untuk masyarakatnya. Sedangkan menurut (Sadono, 2010) pertumbuhan ekonomi merupakan perhitungan kuantitatif yang bisa menjelaskan tentang perkembangan perekonomian suatu negara yang berbentuk persen dan dalam kurun waktu tertentu. Proses perhitungan pertumbuhan ekonomi ini melibatkan dua komponen utama, yaitu produk domestik bruto (PDB) dan produk nasional bruto (PNB) dalam jangka Panjang. Produk domestik bruto (PDB) adalah

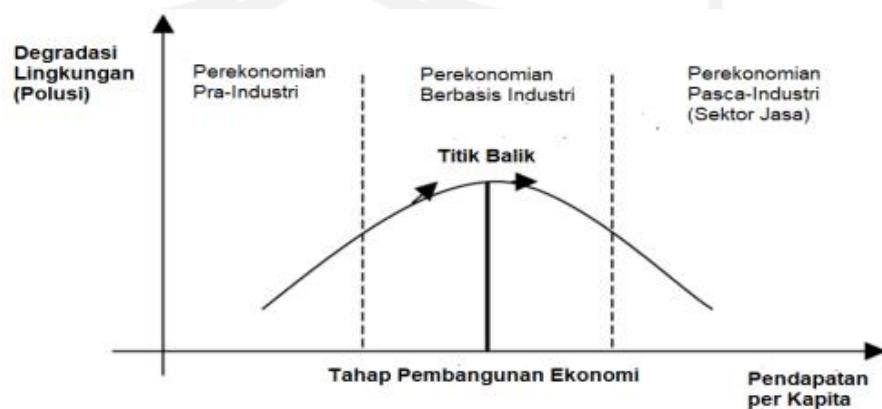
jumlah nilai tambah yang merupakan hasil dari jumlah keseluruhan unit usaha ekonomi suatu negara dalam periode waktu tertentu (Statistika, 2010). Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan indikator PDB sebagai tolak ukur pertumbuhan ekonomi karena PDB dianggap mampu menggambarkan secara menyeluruh tentang aktivitas ekonomi para pelaku ekonomi suatu negara, sehingga kemampuan finansial secara menyeluruh suatu negara bisa terukur dengan melihat PDB.

Dalam teorinya PDB terbagi menjadi dua, yaitu PDB nominal dan PDB riil. Yang membedakan kedua PDB ini yaitu terletak pada harganya, PDB nominal mengukur dengan harga yang berlaku, sedangkan PDB riil mengukur menggunakan harga konstan pada tahun dasar. Menurut (Mankiw, 2002), untuk melihat tingkat kesejahteraan masyarakat, PDB riil lebih mencerminkan hal tersebut karena masyarakat mampu memenuhi kebutuhannya berdasarkan jumlah produksi barang dan jasa serta PDB riil tidak terpengaruh oleh faktor inflasi. Adapun dari segi penggunaannya, PDB nominal digunakan untuk memantau pergeseran struktur ekonomi, sedangkan PDB riil digunakan untuk melihat pertumbuhan ekonomi dari tahun ke tahun (Statistika, 2010). Ada tiga pendekatan yang dapat dilakukan dalam menghitung PDB, yaitu pendekatan produksi, pendekatan pendapatan, dan pendekatan pengeluaran. Dengan menerapkan ketiga pendekatan ini, secara jelas akan diketahui aktivitas ekonomi suatu negara (Statistika, 2010).

Hampir seluruh negara yang ada di dunia mencita-citakan pertumbuhan ekonomi yang bisa meningkatkan angka kesejahteraan masyarakat secara general sebagai target pembangunan. Akan tetapi, pertumbuhan ekonomi itu sendiri tidak jarang menciptakan *trade-off* yang berbentuk dampak eksternal negatif yang imbasnya dapat menurunkan kesejahteraan masyarakat. Salah satu kasus eksternalitas negatif yang dalam jangka panjang dianggap bisa berdampak negatif terhadap kesejahteraan

masyarakat yaitu perubahan iklim akibat emisi karbon, Tol, R.S.J (2012) menyebutkan bahwa apabila kenaikan suhu mencapai titik tertentu akan memproyeksikan penurunan kesejahteraan total (*total welfare loss*). Dalam penelitian yang serupa, yang dilakukan oleh (Hitz, 2004) yang mengatakan bahwa ketika kenaikan suhu mencapai titik tertentu mengindikasikan adanya dampak negatif eksponensial terhadap beberapa sektor. Selain itu dalam penelitian yang dilakukan oleh (Gunawan, 2017) juga menyinggung terkait dampak negatif emisi karbon terhadap kesehatan manusia.

Hipotesis Kurva Lingkungan Khuznet (EKC) berusaha menjelaskan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kerusakan lingkungan (Stern, 2014). Menurut Panayotou (1993) dalam penelitiannya, tahap awal industrialisasi akan sejalan dengan kerusakan lingkungan. Hal ini berhubungan dengan perilaku dan kebutuhan masyarakat dalam meningkatkan taraf ekonomi dengan mengesampingkan dampaknya terhadap keberlanjutan jangka Panjang. Setelah mencapai titik PDB perkapita tertentu, perekonomian akan berlanjut ke sektor jasa dengan kebutuhan eksploitasi sumber dayanya lebih rendah yang disertai meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap lingkungan secara jangka panjang, sehingga kerusakan lingkungan akan menurun.



Gambar 2.3 Kurva Lingkungan Kuznet (EKC)
(Panayotou, 1993) (*diolah*)

2.3 Hipotesis

Dari permasalahan yang telah dipaparkan di atas, berikut hipotesis yang merupakan dugaan sementara terhadap suatu masalah yang harus dibuktikan kebenarannya. Adapun hipotesis yang dirumuskan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.3.1 Emisi Karbon Dioksida berindikasi berpengaruh terhadap produk domestik bruto (PDB)

Berdasarkan data statistika yang dikeluarkan oleh British Petroleum pada tahun 2019, menyebutkan bahwa Emisi karbon dioksida atau CO₂ pada tahun 2018 konsumsi energi dunia yang digunakan kebanyakan industri berdasarkan sumbernya sampai saat ini masih di dominasi oleh gas, batu bara dan minyak bumi yang setara berturut-turut berkontribusi sebesar 24%, 27% dan 34% dengan total 85% energi tersebut menghasilkan emisi karbon dan hal tersebut konsumsi energi dunia yang dapat menggerakkan perekonomian global. Fakta tersebut menjelaskan bahwa terjadi pertumbuhan ekonomi dimana sebagian besar membutuhkan energi listrik untuk melakukan produksi dan menghasilkan barang dan jasa, hal ini tentu saja sejalan dengan peningkatan emisi CO₂ (Petroleum, 2019).

H1 : Emisi Karbon Dioksida atau CO₂ berindikasi berpengaruh positif terhadap produk domestik bruto (PDB).

2.3.2 Konsumsi *Hydroelectricity* berindikasi berpengaruh terhadap produk domestik bruto (PDB)

Tingginya emisi karbon dioksida yang berpengaruh negatif terhadap lingkungan dan kehidupan masyarakat menjadi perhatian khusus beberapa pihak, sehingga munculah suatu metode yang dianggap bisa menekan angka emisi karbon dioksida yaitu dengan mengurangi konsumsi listrik dan menggantikannya menggunakan metode *hydroelectricity*.

Berdasarkan beberapa jurnal yang menjadi rujukan peneliti, didapatkan hipotesis bahwa variabel *hydroelectricity* diduga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap emisi karbon dioksida sehingga memiliki pengaruh positif terhadap variabel produk domestik bruto.

H2 : Konsumsi *Hydroelectricity* berindikasi berpengaruh positif terhadap produk domestik bruto (PDB).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder dari empat negara di Kawasan ASEAN yaitu Indonesia, Malaysia, Filipina dan Thailand yang merupakan negara-negara yang menerapkan energi *hydroelectricity* dalam upaya mengurangi dampak negatif dari energi terhadap lingkungan. Data ini diperoleh dari *World Bank, World Development Indicators* (WDI), Badan Pusat Statistika (BPS). Bentuk data yang dipakai yaitu data panel VECM yang merupakan gabungan data deret waktu mulai tahun 1988 sampai dengan 2018 dan *cross-section*. Peneliti juga melakukan studi literatur dengan membaca jurnal dan artikel yang berkaitan dengan penelitian ini.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah emisi karbon dioksida, energi *hydroelectricity* dan pertumbuhan ekonomi dengan menggunakan data PDB ke-empat negara ASEAN tersebut. Berikut adalah variabel yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 3.1 Definisi Variabel

Model	Variabel	Ukuran/Satuan	Sumber
Co2	Emisi Karbon Dioksida	Kh	World Bank
Hydro	Konsumsi Energi <i>Hydroelectricity</i>	kWh	World Bank
PDB	Produk Domestik Bruto	US\$	World Bank

Sumber: (Bank, Data, 2020) (Diolah)

3.2 Metode Analisis

Metode yang akan diterapkan pada penelitian ini yaitu Panel *Vector Error Correction Model* (VECM). Teknik analisis ini merupakan salah satu model analisa data yang diterapkan pada variabel yang saling berkaitan dan saling berhubungan atau yang lebih dikenal dengan istilah memiliki kointegrasi. Metode ini peneliti gunakan untuk melihat ada tidaknya pengaruh penggunaan *hydroelectricity* terhadap

emisi karbon dioksida dan pertumbuhan ekonomi di empat negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Filipina dan Thailand).

Panel VECM merupakan model yang setiap variabelnya dijelaskan oleh lag-nya sendiri dari model persamaan dengan variabel endogen, serta nilai saat ini dan nilai sebelumnya berasal dari variabel endogen yang berbeda namun tetap dalam model. Banyak yang memilih menggunakan model PVECM ini karena dianggap mampu mendeteksi hubungan dinamis antar variabel yang pengamatannya tidak terikat pada satu waktu yang sama akan tetapi terus berlanjut sepanjang waktu. Karena seringnya terjadi *shock* variabel endogen lain dari waktu ke waktu sehingga model ini digunakan untuk melihat dan menganalisa efek yang terjadi pada variabel endogen tersebut karena model ini bersifat dinamis dan simultan. Metode semacam ini dapat dilihat melalui Analisa *impulse response function* (IRF) karena dengan menerapkan metode ini peneliti bisa menganalisa hubungan berantai yang terjadi antar variabel (Eko, 2017).

3.2.1 Unit Root Test (Uji Stasioner)

Pada tahap awal penggunaan metode panel VECM yaitu melakukan uji stasioneritas data atau biasa disebut *unit root test*. Dalam metode analisis data *time series*, stasioneritas data merupakan hal yang sangat penting. Dan untuk melihat stasioneritas data tersebut dengan melihat hasil rata-rata, varian, dan *covarian* pada setiap lag tetap sama di setiap waktunya. Namun sebaliknya, data dapat dikatakan tidak stasioner jika data *time series* yang digunakan tidak memenuhi kriteria yang telah ditentukan (Widarjono, 2017).

Salah satu tujuan dilakukannya uji stasioneritas yaitu untuk melihat ada tidaknya indikasi terjadinya regresi lancung yang tinggi, potensi terjadinya regresi lancung ini dapat diukur dengan melihat *R-Square* yang tinggi dan tingkat signifikansi t statistiknya, namun tidak mempunyai arti apa-apa bila dikaitkan dengan teori ekonomi. Namun tujuan utama dilakukannya uji stasioneritas ini yaitu agar random errornya sama dengan

0 dan meannya stabil, sehingga hasil regresi yang dihasilkan bisa memprediksi dengan lebih valid.

Pada data *time series*, stasioneritas pada tiap variabel harus dipastikan, dan untuk mengetahui apakah variabel tersebut stasioner atau tidak, dapat menggunakan uji akar unit. Metode yang digunakan dalam menguji data *time series* dapat dijelaskan melalui model sebagai berikut:

$$Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t$$

Berdasarkan persamaan diatas, apabila dikurangi Y_{t-1} pada sisi kanan dan kirinya, maka diperoleh turunan sebagai berikut:

$$Y_t - Y_{t-1} = \delta Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta Y_t = (\delta - 1)Y_{t-1} + u_t$$

Atau dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta Y_t = \beta Y_{t-1} + u_t$$

Dimana e_t merupakan variabel pengganggu yang sifatnya random dengan mean nol, variannya konstan serta tidak saling berhubungan sebagaimana asumsi metode OLS. Variabel pengganggu yang memiliki sifat tersebut dikenal dengan variabel gangguan yang *white noise*. Namun ketika data *time series* bersifat tidak stasioner, maka bisa dikatakan bahwa data tersebut sedang mengalami masalah akar unit (*unit root problem*), apabila ini terjadi maka perlu dilakukan Uji Dickey-Fuller dan Uji Phillips-Perron. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan uji akar unit dengan Uji Phillips-Perron. Jika nilai t statistic lebih besar dari t *critical value*, maka terjadi akar unit atau data dianggap stasioner, namun apabila terjadi hal sebaliknya maka tidak terdapat akar unit atau data dianggap tidak stasioner.

3.2.2 Uji Kointegrasi (*Cointegration Test*)

Setelah melakukan uji stasioneritas, tahap selanjutnya yaitu melakukan uji kointegrasi. Uji kointegrasi merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan jangka panjang antar variabel dalam model. Uji kointegrasi ini bisa dilakukan setelah peneliti mengetahui

pada titik berapa stasioneritas terjadi pada variabel-variabel yang digunakan. Berikut persamaan untuk jangka Panjang dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$Y = C + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

dimana:

Y = variabel dependen

X = variabel independent

C = konstanta

β = variabel

ε = residual

Dalam melakukan uji kointegrasi, ada beberapa metode yang bisa dilakukan yaitu seperti *Eangel-Granger*, uji *Cointegrating Regression Durbin Watson* (CDRW), dan uji kointegrasi Johansen. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode uji *Johansen Cointegration*, dengan cara membandingkan nilai *trace statistic* terhadap *critical value* pada tiga tahap kepercayaan yaitu sebesar 1%, 5% dan 10%, apabila nilai *critical value* yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan nilai *trace statistic* maka diindikasikan terdapat kointegrasi namun apabila sebaliknya, dalam hal ini nilai *critical value* lebih besar jika dibandingkan dengan nilai *trace statistic* maka tidak terdapat kointegrasi. Berikut statistic uji trace:

$$LR_{tr}(r|k) = -T \sum_{i=r+1}^k \log(1 - \lambda_i)$$

Statistik uji nilai eigen maksimum:

$$LR_{max}(r|r+1) = -T \log(1 - \lambda) = LR_{tr}(r|k) - LR_{tr}(r+1|k)$$

Untuk $r = 0, 1, \dots, k-1$

Dengan:

λ_i : Eigen value terbesar ke-i dari matriks $\Pi(\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \dots \leq \lambda_n)$

T : jumlah observasi yang teramati

K : Banyaknya variabel dependen

3.2.3 *Granger Causality Test* pada Panel VECM

Hubungan sebab akibat merupakan kaitan dalam jangka waktu yang pendek antara kelompok-kelompok tertentu dengan menerapkan pendekatan ekonometrika yang termasuk didalamnya hubungan kausalitas dan fungsi-fungsi yang muncul dari analisis spektrum, khususnya keterkaitan penuh antara spektrum dan hubungan parsial antar spektrum. (Fauzi, 2007) ide utama dari kausalitas ada dua yaitu pertama, ketika Y berpengaruh terhadap X, berarti Y dapat diprediksi oleh informasi masa lalu X. Artinya, untuk menambah kekuatan penjelas dari regresi (*explonatory power*) dapat dilakukan dengan menambah data masa lalu X ke regresi Y dengan data masa lalu Y. Kedua, X tidak dapat diprediksikan oleh masa lalu Y, karena jika Y dapat diprediksikan oleh X, dan X dapat diprediksikan oleh Y maka sangat memungkinkan terdapat variabel lain yang mampu mempengaruhi X dan Y. dari hasil uji ini, hasil estimasi akan menunjukkan kemungkinan-kemungkinan sebagai berikut:

- a. Hubungan sebab akibat satu arah dari Y ke X, yang biasa dikenal dengan sebutan *unidirectional causality from Y to X*.
- b. Hubungan sebab akibat satu arah dari X ke Y, yang biasa dikenal dengan sebutan *unidirectional causality from X to Y*.
- c. Hubungan sebab akibat dua arah saling mempengaruhi atau yang biasa disebut *bidirectional causality*.
- d. Tidak terdapat hubungan saling ketergantungan atau biasa disebut *no causality*.

Granger (1969) pada penelitiannya dia menemukan hubungan kausalitas antara dua variabel yang saling bersinggungan. Hubungan sebab akibat ini dibagi menjadi tiga kategori, yaitu hubungan kausalitas timbal balik, hubungan sebab akibat satu arah dan hubungan sebab akibat dua arah.

Pada penelitian ini, *Granger Causality Test* dilakukan untuk melihat signifikansi sebab akibat antar variabel penelitian yang telah ditentukan. Pengaruh yang akan diuji yaitu pengaruh dari setiap variabel *hydroelectricity*, PDB, dan emisi CO₂. Adapun hipotesis nol yang diterapkan untuk melihat hubungan kedua variabel tersebut yaitu X tidak dipengaruhi oleh Y, dan Y tidak dipengaruhi oleh X. Dasar tidak diterimanya hipotesis nol dengan memakai kriteria probabilitas <0.05. Berikut uji statistik *Granger Causality*:

$$F = \left(\frac{N-K}{q}\right) \left(\frac{SSE_{terbatas} - SSE_{penuh}}{SSE_{penuh}}\right)$$

SSE_{penuh} : *sum of squares* didapatkan dari hasil regresi yang dilakukan terhadap Y dengan melibatkan lag variabel X seperti berikut:

$$Y_t = \sum a_i Y_{t-i} + \sum \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_t$$

$SSE_{terbatas}$: *sum of squares* didapatkan dari hasil regresi yang dilakukan terhadap Y tanpa melibatkan lag variabel X seperti berikut:

$$Y_t = \sum a_i Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

N : Banyaknya pengamatan

k : Banyaknya parameter model penuh

q : Banyaknya parameter model terbatas

3.2.4 Model Empiris Panel VECM

Setelah melihat ada tidaknya kointegrasi pada variabel-variabel dalam penelitian, metode selanjutnya yaitu model empiris panel atau PVECM. Metode ini digunakan apabila terdapat kointegrasi antar variabel penelitian. Model PVECM adalah bentuk PVAR yang terbatas karena adanya bentuk data yang tidak stasioner akan tetapi terkointegrasi. Pengelompokkan PVECM merestriksi hubungan jangka Panjang variabel-variabel X agar konvergen ke dalam hubungan kointegrasinya, akan tetapi tetap mengizinkan keberadaan dinamisasi jangka pendek.

Berikut model umum VECM dengan Panjang lag (p-1) :

$$\Delta y_t = \alpha e_{t-1} + \beta_1 \Delta y_{t-1} + \beta_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \beta_p \Delta y_{t-p+1} + \varepsilon_t$$

Dimana

$$e_{t-1} = Y_{t-1} - (\varphi + \omega X_{t-1})$$

Keterangan:

Δy_t : Vektor turunan pertama variabel dependen

Δy_{t-1} : aktor turunan pertama variabel dependen dengan lag ke-1

e_{t-1} : error yang diperoleh dari persamaan regresi antara Y dan X pada lag ke-1 atau disebut juga ECT (Error Corection Term)

ε_t : Vektor residual

α : Matriks koefisien kointegrasi

β_i : Matriks koefisien variabel dependen ke-i, dimana $i = 1, 2, \dots, p$

3.2.5 Analisis *Impulse Response Function* (IRF)

Secara general, *impulse response* merupakan respon suatu sistem dinamik dalam merespon berbagai perubahan dari luar. *Impulse response* menjelaskan respon *shock* sebuah sistem terhadap suatu fungsi waktu. Sehingga *impulse response* dapat diartikan sebagai suatu model yang menganalisis respon pengaruh oleh *shock* suatu variabel terhadap variabel lain yang akan terjadi baik jangka pendek maupun jangka panjang sesuai pada waktu data penelitian. Reaksi pengaruh tersebut bisa berupa pengaruh positif ataupun raksi negatif, tergantung pada teori yang bersangkutan. Ukuran *shock* variabel atas respon dari variabel yang terpengaruh adalah satu dan dua dari besar standar deviasi. Ini bertujuan untuk menentukan apakah sebuah respon pada horizon tertentu *significantly different from zero* atau tidak (Widarjono, 2017).

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

4.1 Deskripsi Data Penelitian

Data pada penelitian ini menggunakan data panel yang menggabungkan antara data *time series* dengan data *cross section*. Data time series pada penelitian ini yaitu emisi karbon dioksida, PDB, dan *Hydroelectricity*. Adapun data *cross section* pada penelitian ini yaitu terdiri dari empat negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Filipina dan Thailand).

4.2 Analisis Deskriptif

Berikut hasil uji statistik deskriptif dari penelitian ini :

Tabel 4.1 Hasil Uji Statistik Deskriptif

Variabel	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Co2	93	5.976809	4.836909	4.599708	2.308410
Hydro	93	457.2688	323.5926	9.932209	999.9224
PDB	93	0.251556	0.242400	0.035272	1.042272

Sumber: Data diolah menggunakan eviws 10

Berdasarkan data diatas didapatkan hasil bahwa Emisi CO₂ dengan observasi sebanyak 93 data dengan nilai rata-rata (mean) emisi CO₂ di empat negara ASEAN tahun 1988-2018 sebesar 5,976% Kh dengan standar deviasi sebesar 4,836% Kh. Dari hasil uraian diatas menunjukkan bahwa nilai rata-rata lebih besar dari pada nilai standar deviasi ($\bar{X} > \sigma$), hal ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata merupakan representasi yang baik untuk keseluruhan data.

Berdasarkan hasil uji pada Tabel 4.1, dengan 93 jumlah observasi, nilai rata-rata (mean) pada variabel *hydroelectricity* untuk empat negara yaitu sebesar 457,268% kWh dengan standar deviasi sebesar 323,592% kWh. Tidak berbeda dengan variabel sebelumnya, pada variabel *hydroelectricity* juga menunjukkan nilai rata-rata lebih kecil daripada nilai standar deviasi ($\bar{X} > \sigma$). Hal ini menggambarkan bahwa nilai mean pada data ini representasi yang baik untuk keseluruhan data.

Nilai rata-rata (mean) yang ditunjukkan pada variabel PDB keempat negara ASEAN berdasarkan Tabel 4.1 yaitu sebesar Rp. 0,251% dengan standar deviasi sebesar Rp. 0,242%. Hal menunjukkan bahwa nilai standar deviasi lebih kecil dibandingkan dengan nilai rata-rata (*mean*), hal ini menggambarkan bahwa nilai rata-rata PDB merupakan representasi yang baik bagi keseluruhan data.

4.3 Pengujian Model Regresi

Ada beberapa tahapan yang dapat dilakukan dalam pengujian model regresi pada PVECM, yaitu uji stasioneritas data, uji kointegrasi, uji kausalitas *granger*, menentukan model PVECM, dan menganalisis *impulse respon*. Berikut tahapan pengujiannya:

4.3.1 Uji Stasioneritas Data

Dalam pelaksanaan PVECM, hal pertama kali yang harus dilakukan yaitu menguji akar unit atau tingkat stasioneritas setiap variabel yang akan dipakai dalam penelitian. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode *unit root* test dengan membandingkan beberapa metode pada *unit root*. Untuk melihat tingkat stasioneritas data, nilai probabilitas dari hasil setiap metode merupakan acuan yang bisa digunakan dengan membandingkan nilai probabilitasnya terhadap alpha, dimana ketika nilai probabilitas < (lebih kecil) dari alpha 5% (0,05) maka data dianggap stasioner, namun apabila probabilitas > (lebih besar) dari alpha 5% maka data dianggap tidak stasioner

Tabel 4.2 Hasil Uji *Unit Root Test*

Variabels	<i>Individual Intercept</i>				<i>Individual Intercept and Trend</i>			
	LLC	IPS	ADF	PP	LLC	IPS	ADF	PP
<i>Level</i>								
Emisi CO ₂	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9347	0.9999	1.0000	1.0000
PDB	0.9979	1.0000	1.0000	0.9999	0.7834	0.9617	0.9694	0.9781
HYDRO	0.1039	0.1580	0.2179	0.0003	0.0359	0.0322	0.0456	0.0000
<i>1st Difference</i>								
Emisi CO ₂	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0547	0.0000	0.0000	0.0000
PDB	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0004	0.0004
HYDRO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000

*Prob. < 5% (0.05)

Sumber: Data diolah menggunakan *eviens 10*

Berdasarkan Tabel 4.1 hasil uji unit root, didapatkan hasil bahwa rata-rata variabel tidak stasioner pada tingkat *level*, dan stasioner pada tingkat *1st difference*. Ketika data sudah stasioner pada tingkat *1st difference* maka data bisa dilanjutkan dengan melihat kointegrasi antar antar model, karena sudah tidak ada indikasi model mengalami lancung. Dan ketika data stasioner pada tingkat *1st difference* maka dapat dairtikan data tersebut akan terjadi kointegrasi dan terdapat hubungan jangka panjang.

4.3.2 Uji Kointegrasi

Ketika semua variabel sudah stasioner menggunakan uji akar unit, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan uji kointegrasi pada setiap variabel penelitian. Uji kointegrasi ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan jangka panjang pada variabel tersebut. Pada penelitian ini, uji kointegrasi yang digunakan yaitu dengan model *Johansen Kointegration Test*. Pada model ini, terdapat tiga metode yang dapat dilakukan untuk melihat ada tidaknya kointegrasi antar variabel yaitu metode Fisher, Metode Kao dan metode Pedroni. Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu *Kao Test* dan adapun penentuan dalam pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan melihat nilai

probabilitasnya yang apabila $<$ (lebih kecil) dari alpha 5%, maka terdapat kointegrasi antar variabel, namun ketika nilai probabilitasnya $>$ (lebih besar) dari alpha 5% maka tidak ditemukan kointegrasi dari semua variabel.

Tabel 4.3 Hasil Uji *Kao Test*

ADF	<i>Residual variance</i>	<i>HAC variance</i>	Prob.
2.546339	1.1318	1.1417	0.0054

*Prob. $<$ 5% (0.05)

Sumber: Data diolah menggunakan eviews 10

Berdasarkan Tabel 4.2 hasil uji *kao test*, dapat dilihat bahwa nilai probabilitas ADF yaitu sebesar 0,0054 yang berarti lebih kecil dari alpha 5%, maka bisa disimpulkan bahwa terdapat kointegrasi variabel pada model dengan kata lain terdapat hubungan jangka panjang pada model. Selain itu, semua variabel akan menyesuaikan untuk mencapai keseimbangan jangka panjang ketika terdapat kointegrasi pada setiap variabel jangka pendek. Setelah terindikasi terkointegrasi, langkah selanjutnya yaitu regresi untuk model PVECM.

4.3.3 *Granger Causality Test* pada Panel VECM

Setelah beberapa tahap diatas, selanjutnya yaitu melihat hubungan dua arah setiap variabel, yaitu dengan melakukan uji *granger causality*. Uji ini merupakan suatu metode analisis yang bisa menunjukkan ada tidaknya hubungan satu arah atau dua arah atau bahkan tidak mempunyai hubungan dengan variabel lainnya. Dalam beberapa penelitian juga menyebutkan bahwa uji kausalitas granger juga memperlihatkan ada tidaknya pengaruh sebelumnya pada kondisi saat ini terutama untuk data *time series*. Berikut hasil uji kausalitas *granger* pada penelitian ini:

Tabel 4.4 Hasil *Granger Causality Test*

<i>Null Hypothesis:</i>	Obs	<i>F-Statistic</i>	Prob.
<i>PDB does not Granger Cause CO2</i>	87	1.41146	0.0293
<i>CO2 does not Granger Cause PDB</i>		3.68781	0.2496
<i>HYDRO does not Granger Cause CO2</i>	87	0.26974	0.7643
<i>CO2 does not Granger Cause HYDRO</i>		3.24102	0.0442
<i>HYDRO does not Granger Cause PDB</i>	87	1.04131	0.3576
<i>PDB does not Granger Cause HYDRO</i>		4.11444	0.0198

*Prob. < 5% (0.05)

Sumber: Data diolah menggunakan *eviews 10*

Berdasarkan Tabel 4.4, nilai probabilitas menunjukkan ada tidaknya hubungan kausalitas pada variabel dengan membandingkan dengan alpha, apabila probabilitasnya lebih kecil dari alpha, maka terdapat hubungan kausalitas antar variabel, namun jika nilai probabilitasnya lebih besar dari alpha, maka tidak terdapat hubungan kausalitas diantara keduanya. Dari Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa variabel PDB berindikasi memiliki hubungan sebab akibat satu arah terhadap variabel emisi CO₂, dimana nilai probabilitasnya sebesar $0,0293 < \alpha$ (5%), sedangkan variabel CO₂ terhadap PDB tidak terdapat hubungan kausalitas baik satu arah maupun dua arah. Untuk variabel emisi CO₂ juga terdapat hubungan sebab akibat satu arah dengan variabel *hydroelectricity*, dimana nilai probabilitasnya sebesar $0,0442 < \alpha$ (5%), sedangkan variabel *hydroelectricity* terhadap CO₂ tidak terdapat hubungan kausalitas apapun karena nilai probabilitasnya lebih besar dari alpha. Adapun untuk variabel PDB memiliki hubungan kausalitas satu arah dengan *Hydroelectrocity*, dimana nilai probabilitasnya sebesar $0,0198 < \alpha$ (5%). Sedangkan variabel *hydroelectricity* tidak memiliki hubungan sebab akibat satu arah ataupun dua arah.

4.3.4 Model Empiris Panel VECM

Setelah hubungan kointegrasi antar variabel telah diketahui, tahap berikutnya yang harus dilakukan yaitu melakukan regresi pada model PVECM. Berikut hasil uji PVEM:

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Jangka Pendek

Error Correction:	D(CO ₂)	D(GDP)	D(HYDROELCTRICITY)
CointEq1	0.062047	6.832313	-4.845609
	(0.01093)	(6.23113)	(5.56409)
	[5.67793]	[1.09961]	[-0.88456]
D(CO ₂ (-1))	0.013416	7.096412	-1.278108
	(0.08859)	(5.01212)	(4.43108)
	[0.15144]	[1.40916]	[-0.28707]
D(CO ₂ (-2))	-0.609864	6.722112	9.043508
	(0.08923)	(5.11212)	(4.52308)
	[-6.83441]	[1.32568]	[2.02385]
D(PDB(-1))	6.002009	0.264600	2145.659
	(2.13109)	(0.11994)	(1056.75)
	[2.84391]	[2.20604]	[2.03043]
D(PDB(-2))	-6.154209	-0.083649	-497.6854
	(2.23109)	(0.12255)	(1079.75)
	[-2.84988]	[-0.68255]	[-0.46092]
D(HYDRO(-1))	-337148.9	-1.397305	-0.494938
	(237233.)	(1.32305)	(0.11875)
	[-1.42117]	[-1.02899]	[-4.16782]
D(HYDRO (-2))	-400945.1	-5.052406	-0.070191
	(244529.)	(1.41405)	(0.12240)
	[-1.63966]	[-0.36314]	[-0.57343]

Sumber: Data diolah menggunakan *eviews 10*

Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana pengaruh emisi karbon dioksida terhadap penggunaan energi *hydroelectricity* dan produk domestik brito. Setelah hasil regresi diketahui, nilai statistik bisa menjadi acuan untuk melihat hubungan antara variabel yang telah ditentukan. Ada tidaknya hubungan antar variabel dapat ditentukan dengan membandingkan antara nilai t-statistik dengan nilai t-tabel, ketika nilai t-statistic > t-tabel maka terdapat hubungan antar variabel.

Pengujian terakhir pada PVECM adalah *wald test* yang dipakai untuk melihat ada tidaknya hubungan jangka pendek pada model. Pengujian wald test ini merupakan salah satu pengujian kausalitas *granger* dimana untuk melihat jangka pendeknya dengan wald test sedangkan untuk mendeteksi hubungan jangka Panjang menggunakan kointegrasi. Berikut hasil uji wald test:

Tabel 4.6 Hasil *Wald Test*

<i>Wald Test:</i>			
<i>System: %system</i>			
<i>Test Statistic</i>	<i>Value</i>	<i>df</i>	<i>Probability</i>
<i>Chi-square</i>	21.63052	4	0.0002

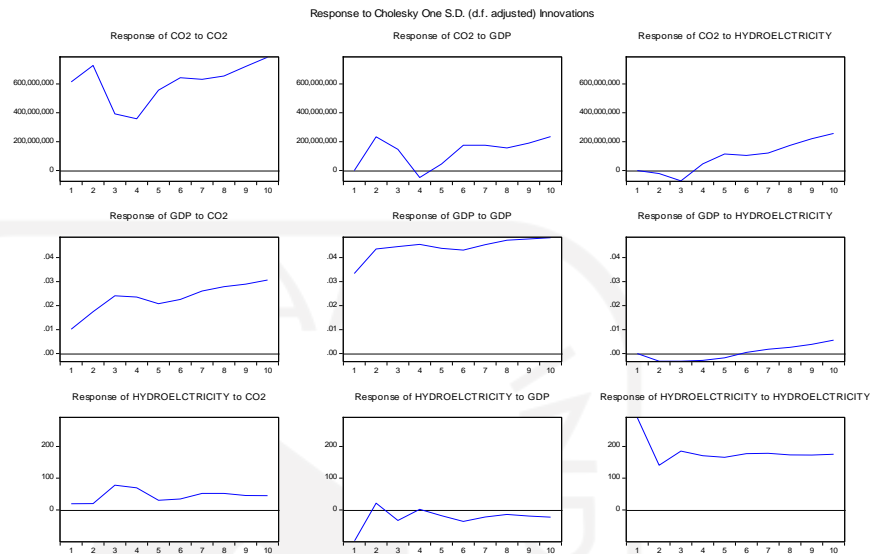
*Prob. < 5% (0.05)

Sumber: Data diolah menggunakan eviews 10

Berdasarkan hasil pengujian *wald test* pada Tabel 4.6, dapat dilihat bahwa nilai probabilitas *chi square* sebesar 0,0002 yang artinya lebih kecil dari tingkat alpha 5%, sehingga dapat diindikasikan bahwa ada hubungan jangka pendek dalam model regresi PVECM.

4.3.5 Analisis Hubungan Masing-Masing Variabel Independen Terhadap Variabel Dependen

Setelah melakukan beberapa tahapan sebelumnya, selanjutnya perlu dilakukan analisis hubungan masing-masing variabel independent terhadap variabel dependen. Berikut ini hasil uji IRF untuk menganalisis hubungan masing-masing variabel:



Gambar 4.1 Hasil Uji *Impulse Response Function* (IRF)
(diolah dengan eviews 10)

Berdasarkan hasil uji IRF menunjukkan respon CO₂ terhadap semua variabel menunjukkan adanya fluktuasi yang cenderung meningkat. Tidak berbeda jauh dengan variabel CO₂, variabel PDB berdasarkan hasil uji IRF menunjukkan respon terhadap semua variabel memiliki kecenderungan meningkat atau memiliki pola tren yang cenderung meningkat. Sedangkan hasil uji IRF pada variabel *Hydroelectricity* terhadap semua variabel mengalami kecenderungan menurun dan stagnan pada setiap periodenya, akan tetapi untuk variabel PDB mengalami kecenderungan menurun dan stagnan yang bersifat negatif.

4.4 Pembahasan

Berdasarkan hasil uji jangka pendek dan jangka panjang yang telah dilakukan sebelumnya, menunjukkan terdapat hubungan atau pengaruh jangka pendek maupun jangka panjang terhadap semua variabel, hal ini mengindikasikan bahwa variabel produk domestik bruto (PDB) berpengaruh secara langsung terhadap variabel emisi CO₂ dan

penggunaan energi *hydroelectricity*. Dengan kata lain produk domestik bruto mempengaruhi peningkatan pemanasan global yang menghasilkan emisi karbon dioksida, serta peningkatan penggunaan energi *hydroelectricity* dalam upaya menekan angka pemanasan global. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Fitri & Dwi, 2019) yang hasil penelitiannya menunjukkan adanya hubungan jangka pendek pada variabel konsumsi energi *hydroelectricity* terhadap variabel emisi karbon dioksida dan dalam jangka panjang, variabel konsumsi energi *hydroelectricity* berpengaruh terhadap variabel emis karbon dioksida.

Berdasarkan hasil uji kausalitas yang lakukan menunjukkan bahwa variabel produk domestik bruto (PDB) memiliki hubungan kausalitas satu arah terhadap variabel emisi karbon dioksida, atau dengan kata lain pertumbuhan ekonomi meningkat beriringan dengan naiknya angka emisi karbon dioksida. Hal ini disebabkan oleh penggunaan listrik konvensional (energi konvensional) dalam memproduksi barang dan jasa. Ini sejalan dengan data yang dikeluarkan oleh statistik PLN, yang menyatakan bahwa pengguna listrik tertinggi digunakan oleh industri (PLN, 2022).

Selanjutnya, variabel emisi karbon dioksida (Co₂) memiliki hubungan kausalitas satu arah terhadap variabel *hydroelectricity* Bildrici (2014) dalam penelitiannya juga menemukan bahwa terdapat hubungan kausalitas satu arah antara emisi karbon dioksida terhadap penggunaan energi *hydroelectricity* atau bisa juga diartikan bahwa karena peningkatan emisi karbon dioksida yang angkanya terus melonjak, penerapan penggunaan energi *hydroelectricity* sebagai upaya menekan angka tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa ke-empat negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina) sudah mulai sadar akan dampak lingkungan yang dihasilkan dari salah satu faktor pertumbuhan ekonomi.

Selanjutnya, yaitu variabel produk domestik bruto (PDB) memiliki hubungan sebab akibat (kausalitas) terhadap variabel *hydroelectricity*. Hal ini

sesuai dengan yang telah dijabarkan oleh (Noor & Saputra, 2020) dalam penelitiannya yang mengatakan bahwa negara yang masih termasuk dalam kategori berkembang dan masih berada pada tahap awal pembangunan sulit untuk mengurangi kerusakan lingkungan karena kebutuhan pembangunan ekonomi sejalan dengan lemahnya tingkat kesadaran lingkungan.

Berdasarkan seluruh hasil uji panel VECM yang telah dilakukan dan beberapa pembahasan diatas menunjukkan bahwa hipotesis *Environmental Kuznets Curve* EKC yang menjelaskan keterkaitan antara PDB dan emisi karbon dioksida membentuk kurva U terbalik terbukti memiliki korelasi di Indonesia, Malaysia, Filipina dan Thailand. Hal tersebut menunjukkan adanya kenaikan taraf ekonomi yang terjadi selama periode 1988-2018 telah beriringan dengan meningkatnya kesadaran publik akan lingkungan di tiap-tiap negara (Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Thailand).

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan pada penelitian ini hubungan jangka pendek dan jangka panjang sendiri, bisa ditarik kesimpulan bahwa dalam waktu jangka pendek, semua variabel memiliki pengaruh satu sama lain. Sedangkan dalam waktu jangka panjang berdasarkan hasil uji ADF yang menunjukkan bahwa terdapat hubungan jangka panjang pada semua variabel. Sehingga pada semua variabel baik jangka pendek maupun jangka panjang memiliki hubungan satu sama lain.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa PDB terdapat hubungan kausalitas satu arah terhadap emisi CO₂ pada semua negara, yang berarti semakin tinggi tingkat produksi barang yang dilakukan keempat negara, maka semakin tinggi pula emisi karbon dioksida yang dihasilkan. Atau dengan kata lain tingkat produksi yang tinggi menjadi salah satu faktor tingginya emisi karbon dioksida pada keempat negara ASEAN tersebut.

Emisi CO₂ terdapat kausalitas satu arah terhadap *hydroelectricity*. Yang berarti bahwa ketika emisi karbon dioksida pada suatu negara semakin meningkat, maka konsumsi energi atau penerapan *hydroelectricity* semakin meningkat. Sedangkan *hydroelectricity* tidak terdapat pengaruh terhadap emisi CO₂, hal ini bisa saja disebabkan karena penerapan *hydroelectricity* diempat negara ASEAN ini masih terbilang kecil angkanya.

Produk domestik bruto (PDB) terdapat hubungan kausalitas satu arah terhadap *hydroelectricity*, yang berarti semakin tinggi tingkat produksi di keempat negara, maka semakin tinggi pula penggunaan atau penerapan *hydroelectricity*. Sehingga hal ini sejalan dengan tujuan penggunaan *hydroelectricity* di beberapa negara terkhusus pada keempat negara ASEAN tersebut, yaitu untuk menekan emisi karbon dioksida.

Setelah melihat adanya hubungan jangka pendek dan jangka panjang serta hubungan kausalitas antar variabel, bisa ditarik kesimpulan bahwa hipotesis *Environmental Kuznets Curve* EKC terbukti memiliki korelasi atas gambaran hubungan antara PDB terhadap emisi karbon dioksida. Dengan kata lain, seiring dengan peningkatan ekonomi, kesadaran pemerintah dan masyarakat akan lingkungan juga terus mengalami peningkatan. Hal ini sejalan dengan kurva U terbalik yang menggambarkan hubungan antara variabel PDB dengan variabel emisi CO₂ melalui hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) di empat negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Filipina dan Thailand).

5.2 Implikasi

Terdapat beberapa implikasi yang bisa dijadikan bahan pertimbangan bagi pemerintah maupun perusahaan, yaitu:

- 5.3.1 Bagi pemerintah untuk dapat menjadikan bahan kajian penerapan metode *hydroelectricity* sebagai penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan dan mengambil peran dalam upaya menekan angka pemanasan global serta pemerintah perlu lebih tegas dalam menentukan kebijakan-kebijakan serta regulasi yang berwawasan lingkungan dan meningkatkan kesadaran masyarakat.
- 5.3.2 Bagi perusahaan, sebagai faktor produksi dan pengguna listrik terbesar sudah seharusnya memperketat pembahasan AMDAL dan lebih sadar akan dampak jangka pendek maupun jangka panjang yang dihasilkan oleh penggunaan energi konvensional dengan menggantinya menggunakan energi terbarukan yaitu *hydroelectricity*.

5.3 Saran

Bagi penelitian selanjutnya dengan tema atau topik sejenis peneliti menyarankan untuk mencari dan menggunakan variabel lain yang masih belum digunakan pada penelitian ini, serta melakukan pengayaan data dari sumber-sumber yang lain. Selain itu diharapkan peneliti selanjutnya bisa meneliti dengan kurun

waktu yang lebih *up to date* sehingga hasil penelitian yang dihasilkan sesuai dengan situasi dan kondisi pada tahun terakhir.

Adanya keterbatasan data karena penggunaan kurun waktu yang cukup panjang, sehingga mempersulit peneliti untuk melakukan analisis, diharapkan penelitian selanjutnya dapat menggunakan data pendukung berupa data primer agar bisa lebih memperdalam analisis hasil penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Abakah, E. (1993). A Review of Economic growth and energy consumption in a developing country . *OPEC Energy Rev*, 47-61.
- Bank, W. (2020, Agustus Jumat). *Data*. Retrieved from The World Bank: <https://data.worldbank.org/indicator/En.Atm.Co2e.Kt>
- Bank, W. (2020, June Sunday). *Data*. Retrieved from The World Bank: <https://data.worldbank.org/>
- Beltagi. (2005). *Econometric Analysis Of Panel Data Third Edition* . British : British Library Cataloguing In Publication Data.
- Bildrici, M. (2014). Hydroelectricity Energy Consumption, Enviromental Pollution, and Economic Growth . *Energy Development*, 189-208.
- Bildrici, M. (2016). The Relationship Between Hydroelectricity Energy Consumption and Economic Growth. *Economi Finance*, 264-270.
- Change, U. N. (2005, February 16). *Prices and Meetings*. Retrieved from United Nation Climate Change: https://unfccc.int/kyoto_protocol
- Dr.Ir.Moestikahadi Soedomo, M. D. (1999). *Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara*. Bandung : ITB.
- Fauzi, A. (2007). Analisis Komperatif Keterkaitan Inflasi Dengan Nilai Tukar Riil di Kawasan Asia (ASEAN + 3) Dan Non Asia (Uni Eropa, Amerika Utara). *IPB Economics*.
- Fauzi, A. J. (2007). *Analisis Komparatif Keterkaitan Inflasi dengan Nilai Tukar Riil di Kawasan Asia dan Non Asia*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Fika Rahmadani, N. D. (2019). Kausalitas Konsumsi Energi Hydroelectricity, Emisi Carbon Dioksida Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia. *Jurusan Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi, Universitas Negeri Semarang*, 155-156.
- Gougmenoglu, M. B. (2017). Enviromental Pollution, Hydroelectricity Energy Consumption and Economic Growth : Evidence From G7 Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68-85.
- Granger, C. W. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross Spectral Methods. *Econometrics*, 224-238.

- Gunawan, H. &. (2017). Kajian emisi kendaraan di persimpangan Surabaya Tengah dan Timur serta potensi pengaryh terhadap kesehatan lingkungan setempat. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan* , 353-377.
- Hitz, S. &. (2004). Estimating global impacts from climate change. *Global Environmental Change*, 14(3), 201-218.
- Idris, Z. H. (2019). Pengaruh Konsumsi Energi dan Rezim Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *Kajian Ekonomi dan Pembangunan*.
- Kuznets, S. (1955). *Economic Growth and Income Inequality*. American: The American Review.
- Lalu Suprayitno, E. d. (2017). Zakat & SDGs: Impact Zakat on Human Development in The Five State of Malaysia. *Internatioan Journal Of Zakat* 2 (1).
- Mankiw. (2002). *Macroeconomics. Fifth Edition*. New York: R. R. Donnelley & Sons.
- Nani Dwi, F. R. (2019). Kausalitas Konsumsi Energi Hydroelectricity, Emisi Karbon Dioksida Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia. *Journal of Economics and Business*, 156-157.
- Nani, F. R. (2019). Kausalitas Konsumsi Energi Hydroelectricity, Emisi Karbon Dioksida Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *Jurusan Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi, Universitas Negeri Semarang*, 155.
- Negeri, D. P. (1967). The ASEAN Declaration . *Bangkok Declaration*. Bangkok: ASEAN.org.
- Nuriah Alfisyahri, S. K. (2020). Hubungan Kausalitas Konsumsi Energi Hydropower, Emisi Karbon Dioksida dan Pertumbuhan Ekonomi pada Negara-negara G20. *Jurnal Manajemen Ekonomi dan Akutansi*.
- Okafar, H. (2012). Testing The Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth Evidence From Nigeria and South Africa . *Econ Sustain Development* , 111-124.
- Panayotou, T. (1993). Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. *World Employment Programme Research* , 10-21.
- Panayotou, T. (1993). Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development (ILO Working Papers). *World Employment Programme Research (Geneva: International Labour Office)*, 6-19.
- Petroleum, B. (2019). *Statitcal Review of World Energy* . London : British Petroleum.

- PLN, S. (2022, Juni Kamis). *Statistika PLN 2021*. Retrieved from Pln.co.id: <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2022/08/Statistik-PLN-2021-29-7-22-Final.pdf>
- Renewables. (2019, Juni 17). *Building the sustainable energy future*. Retrieved from REN21: <https://www.ren21.net/>
- Sadono, S. (2010). *Mikro Ekonomi Teori Pengantar*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Saputra, M. A. (2020). Emisi Karbon dan Produk Domestik Bruto: Investigasi Hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) pada Negara Berpendapatan Menengah di Kawasan ASEAN. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 233-234.
- Saputra, M. A. (2020). Emisi Karbon dan Produk Domestik Bruto: Investigasi Hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) pada Negara Berpendapatan Menengah di Kawasan ASEAN. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 233-234.
- Saputra, M. A. (2020). Emisi Karbon dan Produk Domestik Bruto: Investigasi Hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) pada Negara Berpendapatan Menengah di Kawasan ASEAN. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 233.
- Saputra, M. A. (2022). Emisi Karbon dan Produk Domestik Bruto: Investigasi Hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC) pada Negara Berpendapatan Menengah di Kawasan ASEAN. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 233.
- Sriyana, J. (2014). *Metode regresi data panel dilengkapi analisis kinerja bank syariah di Indonesia*. Yogyakarta: Ekonisia.
- Statistika, B. P. (2010). *Pengukuran Pertumbuhan Ekonomi*. Jakarta: Badan Pusat Statistika .
- Stern., D. (2014). The environmental Khuznet curve. *Centre for Climate Economics & Policy, Australia National University* , 03-08.
- Tol, R. S. (2012). On the uncertainty about the total economic impact of climate change. *Environmental and Resourch Economics* , 53, 97-116.
- Widarjono, A. (2017). *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasi Disertai Panduan Eviews*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.
- Ziramba, E. (2013). Hydroelectricity Consumption and Economic Growth Nexus Time Series Experience Of Three African Countries . *Eur Sci* , 85-96.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Penelitian

Id	t	GDP	Hydroelctricity	Co2
1	1988	84300174475,7955	20955517638,189	1421124636,28605
1	1989	94451427898,007	241304661567,326	1496406986,21278
1	1990	106140727356,675	174732910888,664	1812775113,61851
1	1991	116621996217,133	17747723620,782	2302718289,53861
1	1992	128026966579,964	212270854912,919	2714290414,2889
1	1993	158006700301,533	17365638766,5198	3065864029,68998
1	1994	176892143931,505	118813037890,884	3242985381,82029
1	1995	202132028723,115	12721098778,5718	3439406758,90857
1	1996	227369679374,973	1205038095,8006	4032538839,00347
1	1997	215748998609,635	684202768435,017	4614461001,24068
1	1998	95445547872,715	124054947589,636	3667678906,79908
1	1999	140001351215,462	109422103241,576	4297906977,16096
1	2000	165021012077,81	10732386820,2518	4890687469,40712
1	2001	160446947784,909	115106563691,311	5721314040,11858
1	2002	195660611165,183	91787796741,7319	6180956969,61174
1	2003	234772463823,808	805406553720,325	6648428005,76862
1	2004	256836875295,452	805073109026,905	7440330881,58438
1	2005	285868618224,017	840985187682,802	7945951054,82312
1	2006	364570514304,85	723142359023,686	8447178663,70233
1	2007	432216737774,861	793944467502,867	9651180196,01943
1	2008	510228634992,258	772002196536,437	11158950645,912
1	2009	539580085612,401	726140814165,614	12321198666,4449
1	2010	755094160363,071	102830549910,165	12241059775,8567
1	2011	892969107923,094	677091000288,959	15198121248,0515
1	2012	917869910105,749	639854021896,716	16448832178,822
1	2013	912524136718,018	783399685214,332	13410303388,8208
1	2014	890814755233,225	665361863469,606	12449144006,9897
1	2015	860854235065,079	587262376914,661	17826702268,7537
1	2016	931877364177,742	97620002746,582	20233030393,1026
1	2017	1015618742565,81	981399993896,484	21450308141,3289
1	2018	1042271531011,99	985100021362,305	23016214442,7239
2	1988	35271880250,4964	293251343530,384	459407983,612241

2	1989	38848567631,4235	243783406925,401	569946079,615075
2	1990	44024178343,0071	173314216197,428	685918511,498135
2	1991	49143148094,2683	166013859596,264	878794311,831958
2	1992	59167550162,956	148743135850,472	1008910438,73447
2	1993	66894837030,4184	140274619303,952	1286404928,02972
2	1994	74478356957,7808	16685421994,8849	1376952902,18163
2	1995	88705342902,7113	136861554705,028	1852139210,76956
2	1996	100855393910,486	100882993620,663	1996040463,06847
2	1997	100005323301,867	669108373788,504	2066976852,8014
2	1998	72167498980,8398	799690336182,899	1955178701,29623
2	1999	79148421052,6316	115355724863,183	1916997680,9831
2	2000	93789736842,1053	100584795321,637	2334403730,09022
2	2001	92783947368,4211	9,92769118226324	2631084509,9568
2	2002	100845526315,789	714353055260,003	2749538648,13567
2	2003	110202368421,053	64420344339,803	3321289587,27811
2	2004	124749473684,211	708521705313,305	3787640257,6365
2	2005	143534102611,497	627895443494,248	4256266549,02044
2	2006	162691238209,476	717132361126,572	4408347524,26716
2	2007	193547824063,3	665531810164,486	4749633655,03436
2	2008	230813897715,69	76287563521,8454	5465672631,65877
2	2009	202257625195,063	599898278492,798	5488975591,22698
2	2010	255016609232,871	518647925248,025	6266889930,06384
2	2011	297951960784,314	589673177335,138	6568512818,10698
2	2012	314443149443,149	673904793088,309	6792409222,3974
2	2013	323277158906,979	765171885390,465	7642362161,86237
2	2014	338061963396,376	90785181970,448	8166199166,87871
2	2015	301354803994,367	927506111655,109	8164091120,40637
2	2016	301255380276,258	99900001525,8789	8917837878,44409
2	2017	319112136545,438	999524841308,594	9658118651,37653
2	2018	358791603677,728	999922409057,617	10412957782,0892
3	1988	61667199834,7428	116375061606,703	720479158,575476
3	1989	72250877410,3183	148906592525,263	901405569,127305
3	1990	85343063965,9182	112617710974,285	1099567418,808
3	1991	98234695722,0341	913818870180,333	1277105895,67111
3	1992	111452869378,467	742232652632,316	1467720494,1013

3	1993	128889318946,587	583847209298,658	1729212525,29257
3	1994	146683499005,964	634193629964,736	2003958721,11787
3	1995	169278753531,98	838130439668,844	2436213747,09949
3	1996	183035114648,4	816989826584,448	2813430416,95621
3	1997	150180619366,605	772316735674,597	3012628326,95388
3	1998	113675561057,462	574890063518,856	2757304906,66761
3	1999	126669064386,717	392496584813,248	2986150155,3671
3	2000	83669693589,1547	627858757827,396	3206332934,80515
3	2001	78921234457,233	615407147041,593	3583237740,57711
3	2002	84307291974,4733	685331107299,129	3921103691,56999
3	2003	87039145965,0093	623936811331,561	4320747099,84805
3	2004	95002028504,6908	480405958942,789	4879843400,71157
3	2005	107419961717,119	438587865080,146	5285656661,22447
3	2006	127652859201,489	585619351025,645	5657092110,65712
3	2007	155980378252,863	565916667829,095	6014317854,45026
3	2008	181624577153,97	48247934556,9981	6186799568,91627
3	2009	175974711591,53	481690634392,226	6792751517,14404
3	2010	208368726860,828	347099459635,662	7391600897,63277
3	2011	234216930369,373	523299421120,449	7637200728,40176
3	2012	261920509949,785	52466915995,397	8481343677,44843
3	2013	283902728259,788	337290293808,716	9280866029,85983
3	2014	297483247100,855	321062636190,829	9455228837,26593
3	2015	306446140627,933	266595409540,954	9886483971,98734
3	2016	318626761492,305	998499603271,484	10191984057,4759
3	2017	328480867143,204	999000015258,789	10987588552,3845
3	2018	346842094174,513	998199996948,242	11919241408,8467
4	1988	43152077817,6509	25526712579,9747	405703265,246447
4	1989	48513735778,6601	253587768349,431	447225204,2793
4	1990	50508286641,5746	230257910130,284	506183238,997749
4	1991	51784207132,0955	200592615696,518	562841799,291465
4	1992	60422309295,4434	171627367607,267	653231921,835723
4	1993	62036625222,1624	189247150005,644	693989049,647503
4	1994	73159245525,6424	192379639657,379	802636196,520742
4	1995	84644220101,4991	185664064827,504	928284345,154873
4	1996	94648084429,0341	191412312467,667	989671773,323684

4	1997	94106183450,0029	152498932080,308	1178345010,97598
4	1998	74492325248,0247	121843282505,171	1185577065,34813
4	1999	85640133799,7902	18922571925,0821	1228326977,75842
4	2000	126392233706,79	172201368955,619	1361031992,77396
4	2001	120296476180,402	150988310308,183	1378431036,79761
4	2002	134300851255,002	145109043266,553	1437504027,43433
4	2003	152280677649,055	148658859085,757	1498993873,09134
4	2004	172895749632,046	153564344049,895	1632163294,15732
4	2005	189318549680,384	148266657238,319	1738682670,06686
4	2006	221758196504,936	175034781536,728	1656855104,20172
4	2007	262942476722,425	143647984432,403	1854713094,53832
4	2008	291382991177,698	161835550221,141	2112496224,72721
4	2009	281710416557,292	158072382551,961	2160915990,85974
4	2010	341104820155,464	115187033155,207	2423525475,96137
4	2011	370819140946,553	140193130565,514	2554184869,55821
4	2012	397558222957,17	140590502050,164	2816409242,98125
4	2013	420333203150,426	133114553716,153	3175578801,15217
4	2014	407339454060,678	11825994667,495	3517128438,19419
4	2015	401296437424,995	105141179182,896	4071910087,83452
4	2016	413366150655,591	920665054321,289	4392208680,83051
4	2017	456356961443,497	93	4902064320,24537
4	2018	506611070188,362	944482650756,835	5470472533,34109



Lampiran 2 Uji Statistik Deskriptif

	GDP	HYDROELCT RICITY	CO2
Mean	0.251556	457.2688	5.976809
Median	0.165021	523.2994	4.617509
Maximum	1.042272	999.9224	2.308410
Minimum	0.035272	9.932209	4.599708
Std. Dev.	0.242400	323.5926	4.836909
Skewness	1.986744	0.050139	1.417195
Kurtosis	6.097958	1.583042	5.003074
Jarque-Bera Probability	98.37058 0.000000	7.819078 0.020050	46.67855 0.000000
Sum	23.39467	42526.00	5.55E+11
Sum Sq. Dev.	5.405735	9633523.	2.14E+21
Observations	93	93	93

Lampiran 3 Hasil Uji Unit Root Test

1. Emisi Co2 on level
 - a. LLC (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
 Series: CO2LLC1ST
 Date: 08/25/22 Time: 23:50
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 2
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total number of observations: 88
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	7.07844	1.0000

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

b. IPS (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: CO2LLC1ST
 Date: 08/25/22 Time: 23:51
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 2
 Total number of observations: 88
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	9.23118	1.0000

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

c. ADF (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: CO2LLC1ST
 Date: 08/25/22 Time: 23:52
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 2
 Total number of observations: 88
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	6.8E-05	1.0000
ADF - Choi Z-stat	7.83969	1.0000

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

d. PP (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: CO2LLC1ST
 Date: 08/25/22 Time: 23:53
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 90
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
PP - Fisher Chi-square	3.2E-06	1.0000
PP - Choi Z-stat	9.94581	1.0000

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

e. LLC (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
 Series: CO2LLC1ST
 Date: 08/25/22 Time: 23:55
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 5
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total number of observations: 85
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	1.51138	0.9347

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

f. IPS (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: CO2LLC1ST
 Date: 08/25/22 Time: 23:57
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 5
 Total number of observations: 85
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	3.85354	0.9999

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

g. ADF (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: CO2LLC1ST
 Date: 08/25/22 Time: 23:58
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 5
 Total number of observations: 85
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	0.05254	1.0000
ADF - Choi Z-stat	4.15204	1.0000

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

h. PP (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: CO2LLC1ST
 Date: 08/25/22 Time: 23:54
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 90
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
PP - Fisher Chi-square	0.08723	1.0000
PP - Choi Z-stat	4.60955	1.0000

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

2. Co2 on 1st defferent

a. LLC (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
 Series: D(CO2)
 Date: 08/25/22 Time: 23:28
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 1
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total number of observations: 86
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	-5.19615	0.0000

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

b. IPS (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(CO2LLC1ST)
 Date: 08/25/22 Time: 23:34
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 1
 Total number of observations: 86
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-5.45081	0.0000

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

c. ADF (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(CO2LLC1ST)
 Date: 08/25/22 Time: 23:35
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 1
 Total number of observations: 86
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	38.0287	0.0000
ADF - Choi Z-stat	-4.87096	0.0000

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

d. PP (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(CO2LLC1ST)
 Date: 08/25/22 Time: 23:37
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
PP - Fisher Chi-square	32.7267	0.0000
PP - Choi Z-stat	-4.45182	0.0000

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

e. LLC (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
 Series: D(CO2LLC1ST)
 Date: 08/25/22 Time: 23:45
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 4
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total number of observations: 82
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	-1.60094	0.0547

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

f. IPS (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series:

D(CO2LLC1ST)

Date: 08/25/22 Time: 23:46

Sample: 1988 2018

Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends

Automatic selection of maximum lags

Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 4

Total number of observations: 82

Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-4.86833	0.0000

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

g. ADF (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series: D(CO2LLC1ST)

Date: 08/25/22 Time: 23:48

Sample: 1988 2018

Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends

Automatic selection of maximum lags

Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 4

Total number of observations: 82

Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	31.2953	0.0000
ADF - Choi Z-stat	-4.38778	0.0000

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi

-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

h. PP (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series: D(CO2LLC1ST)

Date: 08/25/22 Time: 23:43

Sample: 1988 2018

Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Total (balanced) observations: 87

Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
PP - Fisher Chi-square	57.0667	0.0000

PP - Choi Z-stat -6.43056 0.0000

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

1. GDP on level

a. LLC (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
Series: GDP
Date: 08/26/22 Time: 00:07
Sample: 1988 2018
Exogenous variables: Individual effects
Automatic selection of maximum lags
Automatic lag length selection based on SIC: 0
Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
Total (balanced) observations: 90
Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	2.86607	0.9979

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

b. IPS (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
Series: GDP
Date: 08/26/22 Time: 00:08
Sample: 1988 2018
Exogenous variables: Individual effects
Automatic selection of maximum lags
Automatic lag length selection based on SIC: 0
Total (balanced) observations: 90
Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	4.39815	1.0000

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

c. ADF (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
Series: GDP
Date: 08/26/22 Time: 00:08
Sample: 1988 2018
Exogenous variables: Individual effects
Automatic selection of maximum lags
Automatic lag length selection based on SIC: 0
Total (balanced) observations: 90
Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	0.05997	1.0000
ADF - Choi Z-stat	4.08402	1.0000

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

d. PP (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: GDP
 Date: 08/26/22 Time: 00:09
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 90
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
PP - Fisher Chi-square	0.13816	0.9999
PP - Choi Z-stat	3.58857	0.9998

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

e. LLC (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
 Series: GDP
 Date: 08/26/22 Time: 00:34
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 1
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total number of observations: 89
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	0.78377	0.7834

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

f. IPS (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: GDP
 Date: 08/26/22 Time: 00:35
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 1
 Total number of observations: 89
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	1.77072	0.9617

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

g. ADF (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: GDP
 Date: 08/26/22 Time: 00:36
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 1
 Total number of observations: 89
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	1.34096	0.9694
ADF - Choi Z-stat	1.82986	0.9664

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

h. PP (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: GDP
 Date: 08/26/22 Time: 00:36
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 90
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
PP - Fisher Chi-square	1.17572	0.9781
PP - Choi Z-stat	1.69415	0.9549

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

2. GDP on 1st different

a. LLC (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
 Series: D(GDP)
 Date: 08/26/22 Time: 00:42
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	-4.37252	0.0000

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

b. IPS (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(GDP)
 Date: 08/26/22 Time: 00:45
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-4.67568	0.0000

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

c. ADF (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(GDP)
 Date: 08/26/22 Time: 00:47
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	31.4346	0.0000
ADF - Choi Z-stat	-4.37528	0.0000

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

d. PP (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(GDP)
 Date: 08/26/22 Time: 00:47
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
PP - Fisher Chi-square	31.9997	0.0000
PP - Choi Z-stat	-4.43789	0.0000

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

e. LLC (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
 Series: D(GDP)
 Date: 08/26/22 Time: 00:49
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	-3.60435	0.0002

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

f. IPS (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(GDP)
 Date: 08/26/22 Time: 00:50
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-3.91813	0.0000

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

g. ADF (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(GDP)
 Date: 08/26/22 Time: 00:51
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Automatic selection of maximum lags
 Automatic lag length selection based on SIC: 0
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	24.3832	0.0004
ADF - Choi Z-stat	-3.60727	0.0002

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

h. PP (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(GDP)
 Date: 08/26/22 Time: 00:52
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
PP - Fisher Chi-square	24.4453	0.0004
PP - Choi Z-stat	-3.62008	0.0001

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

1. HYDROELECTRICITY on Level

a. LLC (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
 Series: HYDROELCTRICITY
 Date: 08/28/22 Time: 20:36
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 User-specified lags: 1
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	-1.25957	0.1039

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

b. IPS (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
Series: HYDROELCTRICITY
Date: 08/28/22 Time: 20:39
Sample: 1988 2018
Exogenous variables: Individual effects
User-specified lags: 1
Total (balanced) observations: 87
Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-1.00267	0.1580

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

c. ADF (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
Series: HYDROELCTRICITY
Date: 08/28/22 Time: 20:40
Sample: 1988 2018
Exogenous variables: Individual effects
User-specified lags: 1
Total (balanced) observations: 87
Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	8.28629	0.2179
ADF - Choi Z-stat	-1.06204	0.1441

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

d. PP (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
Series: HYDROELCTRICITY
Date: 08/28/22 Time: 20:42
Sample: 1988 2018
Exogenous variables: Individual effects
Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
Total (balanced) observations: 90
Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
PP - Fisher Chi-square	25.3184	0.0003
PP - Choi Z-stat	-3.61229	0.0002

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

e. LLC (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
 Series: HYDROELCTRICITY
 Date: 08/28/22 Time: 20:43
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 User-specified lags: 1
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	-1.79979	0.0359

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

f. IPS (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: HYDROELCTRICITY
 Date: 08/28/22 Time: 20:46
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 User-specified lags: 1
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-1.84951	0.0322

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

g. ADF (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: HYDROELCTRICITY
 Date: 08/28/22 Time: 20:48
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 User-specified lags: 1
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	12.8422	0.0456
ADF - Choi Z-stat	-1.92903	0.0269

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

h. PP (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: HYDROELCTRICITY
 Date: 08/28/22 Time: 20:49
 Sample: 1988 2018

Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Total (balanced) observations: 90

Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
PP - Fisher Chi-square	237.874	0.0000
PP - Choi Z-stat	-10.3913	0.0000

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

2. HYDROELECTRICITY on 1st different

a. LLC (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)

Series: D(HYDROELCTRICITY)

Date: 08/28/22 Time: 20:51

Sample: 1988 2018

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Total (balanced) observations: 84

Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	-5.09324	0.0000

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

b. IPS (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series:

D(HYDROELCTRICITY)

Date: 08/28/22 Time: 20:52

Sample: 1988 2018

Exogenous variables: Individual effects

User-specified lags: 1

Total (balanced) observations: 84

Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-5.91947	0.0000

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

c. ADF (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(HYDROELCTRICITY)
 Date: 08/28/22 Time: 20:52
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 User-specified lags: 1
 Total (balanced) observations: 84
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	41.9562	0.0000
ADF - Choi Z-stat	-5.39234	0.0000

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

d. PP (Individual Intercept)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)
 Series: D(HYDROELCTRICITY)
 Date: 08/28/22 Time: 20:53
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 87
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
PP - Fisher Chi-square	71.2023	0.0000
PP - Choi Z-stat	-7.48224	0.0000

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

e. LLC (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)
 Series: D(HYDROELCTRICITY)
 Date: 08/28/22 Time: 20:54
 Sample: 1988 2018
 Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
 User-specified lags: 1
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
 Total (balanced) observations: 84
 Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Levin, Lin & Chu t*	-3.73255	0.0001

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

f. IPS (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series:
D(HYDROELCTRICITY)
Date: 08/28/22 Time: 20:54
Sample: 1988 2018
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
User-specified lags: 1
Total (balanced) observations: 84
Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
Im, Pesaran and Shin W-stat	-4.79007	0.0000

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

g. ADF (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series:
D(HYDROELCTRICITY)
Date: 08/28/22 Time: 20:55
Sample: 1988 2018
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
User-specified lags: 1
Total (balanced) observations: 84
Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	30.9667	0.0000
ADF - Choi Z-stat	-4.37259	0.0000

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

h. PP (Individual Intercept and Trend)

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series:
D(HYDROELCTRICITY)
Date: 08/28/22 Time: 20:56
Sample: 1988 2018
Exogenous variables: Individual effects, individual linear trends
Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel
Total (balanced) observations: 87
Cross-sections included: 3

Method	Statistic	Prob.**
PP - Fisher Chi-square	552.450	0.0000
PP - Choi Z-stat	-21.1028	0.0000

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

Lampiran 3 Johansen Cointegration

1. Fisher

Johansen
Fisher Panel
Cointegration
Test
Series: D(CO2) D(GDP) D(HYDROELCTRICITY)
Date: 08/26/22 Time: 15:28
Sample: 1988 2018
Included observations: 93
Trend assumption: Linear deterministic trend (restricted)
Lags interval (in first differences): 1 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace and Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Fisher Stat.* (from trace test)	Prob.	Fisher Stat.* (from max-eigen test)	Prob.
None	52.22	0.0000	38.46	0.0000
At most 1	20.24	0.0025	15.70	0.0155
At most 2	10.17	0.1178	10.17	0.1178

* Probabilities
are computed
using
asymptotic
Chi-square
distribution.

Individual cross section results

Cross Section	Trace Test Statistics	Prob.**	Max-Eign Test Statistics	Prob.**
Hypothesis of no cointegration				
1	71.4923	0.0000	46.2092	0.0000
2	68.0478	0.0000	36.5654	0.0013
3	47.7596	0.0152	23.3810	0.1017
Hypothesis of at most 1 cointegration relationship				
1	25.2831	0.0590	17.4000	0.0950
2	31.4824	0.0090	19.6083	0.0464
3	24.3786	0.0758	17.6273	0.0884
Hypothesis of at most 2 cointegration relationship				
1	7.8831	0.2614	7.8831	0.2614
2	11.8741	0.0639	11.8741	0.0639
3	6.7513	0.3712	6.7513	0.3712

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

2. Cao Test

Kao Residual Cointegration Test
 Series: D(CO2) D(GDP) D(HYDROELCTRICITY)
 Date: 08/26/22 Time: 15:51
 Sample: 1988 2018
 Included observations: 93
 Null Hypothesis: No cointegration
 Trend assumption: No deterministic trend
 Automatic lag length selection based on SIC with a max lag of 7
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

	t-Statistic	Prob.
ADF	2.546339	0.0054
Residual variance	1.1318	
HAC variance	1.1417	

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(RESID)
 Method: Least Squares
 Date: 08/26/22 Time: 15:51
 Sample (adjusted): 1997 2018
 Included observations: 66 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RESID(-1)	-1.320862	0.648492	-2.036820	0.0462
D(RESID(-1))	0.432714	0.620123	0.697787	0.4881
D(RESID(-2))	-0.193400	0.584437	-0.330917	0.7419
D(RESID(-3))	-0.326905	0.554221	-0.589846	0.5576
D(RESID(-4))	-0.840538	0.552030	-1.522629	0.1333
D(RESID(-5))	-1.797139	0.532163	-3.377044	0.0013
D(RESID(-6))	-1.680416	0.479791	-3.502394	0.0009
D(RESID(-7))	-1.382416	0.350558	-3.943467	0.0002
R-squared	0.750568	Mean dependent var	29572782	
Adjusted R-squared	0.720465	S.D. dependent var	1.256509	
S.E. of regression	6.613508	Akaike info criterion	43.56994	
Sum squared resid	2.532319	Schwarz criterion	43.83535	
Log likelihood	-1429.808	Hannan-Quinn criter.	43.67481	
Durbin-Watson stat	2.004081			

3. Pedroni

a. Individual Intercept

Pedroni Residual Cointegration Test
 Series: D(CO2) D(GDP) D(HYDROELCTRICITY)
 Date: 08/26/22 Time: 15:38
 Sample: 1988 2018
 Included observations: 93
 Cross-sections included: 3
 Null Hypothesis: No cointegration
 Trend assumption: No deterministic trend
 Automatic lag length selection based on SIC with a max lag of 6
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Alternative hypothesis: common AR coefs. (within-dimension)

	<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>	<u>Weighted Statistic</u>	<u>Prob.</u>
Panel v-Statistic	-0.996685	0.8405	-0.838822	0.7992
Panel rho-Statistic	-2.432884	0.0075	-2.608693	0.0045
Panel PP-Statistic	-4.985738	0.0000	-3.607553	0.0002
Panel ADF-Statistic	-7.179371	0.0000	-4.314208	0.0000

Alternative hypothesis: individual AR coefs. (between-dimension)

	<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>
Group rho-Statistic	-2.000012	0.0227
Group PP-Statistic	-4.032193	0.0000
Group ADF-Statistic	-5.000615	0.0000

b. Individual Intercept and Individual Trand

Pedroni Residual Cointegration Test
 Series: D(CO2) D(GDP) D(HYDROELCTRICITY)
 Date: 08/26/22 Time: 15:48
 Sample: 1988 2018
 Included observations: 93
 Cross-sections included: 3
 Null Hypothesis: No cointegration
 Trend assumption: Deterministic intercept and trend
 Automatic lag length selection based on SIC with a max lag of 6
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Alternative hypothesis: common AR coefs. (within-dimension)

	<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>	<u>Weighted Statistic</u>	<u>Prob.</u>
Panel v-Statistic	-2.029733	0.9788	-1.715984	0.9569
Panel rho-Statistic	-0.281687	0.3891	-1.304491	0.0960
Panel PP-Statistic	-11.50258	0.0000	-6.950334	0.0000

Panel ADF-Statistic -10.29031 0.0000 -7.660842 0.0000

Alternative hypothesis: individual AR coefs. (between-dimension)

	<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>
Group rho-Statistic	-0.507117	0.3060
Group PP-Statistic	-10.09968	0.0000
Group ADF-Statistic	-7.853904	0.0000

Cross section specific results

Phillips-Peron results (non-parametric)

Cross ID	AR(1)	Variance	HAC	Bandwidth	Obs
1	0.032	1.63E+18	1.62E+17	22.00	29
2	-0.058	3.18E+16	2.61E+16	2.00	29
3	-0.007	3.46E+16	4.38E+15	15.00	29

Augmented Dickey-Fuller results (parametric)

Cross ID	AR(1)	Variance	Lag	Max lag	Obs
1	-0.576	1.02E+18	1	6	28
2	-0.058	3.18E+16	0	6	29
3	-0.464	3.05E+16	1	6	28

c. No Intercept or Trand

Pedroni Residual Cointegration Test
 Series: D(CO2) D(GDP) D(HYDROELCTRICITY)
 Date: 08/26/22 Time: 15:49
 Sample: 1988 2018
 Included observations: 93
 Cross-sections included: 3
 Null Hypothesis: No cointegration
 Trend assumption: No deterministic intercept or trend
 Automatic lag length selection based on SIC with a max lag of 6
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Alternative hypothesis: common AR coefs. (within-dimension)

	<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>	<u>Weighted Statistic</u>	<u>Prob.</u>
Panel v-Statistic	-0.382030	0.6488	-0.597321	0.7249
Panel rho-Statistic	-4.123915	0.0000	-2.111026	0.0174
Panel PP-Statistic	-4.065193	0.0000	-2.240464	0.0125
Panel ADF-Statistic	-0.209486	0.4170	-0.566457	0.2855

Alternative hypothesis: individual AR coefs. (between-dimension)

	<u>Statistic</u>	<u>Prob.</u>
Group rho-Statistic	-1.974953	0.0241
Group PP-Statistic	-2.937084	0.0017
Group ADF-Statistic	0.563159	0.7133

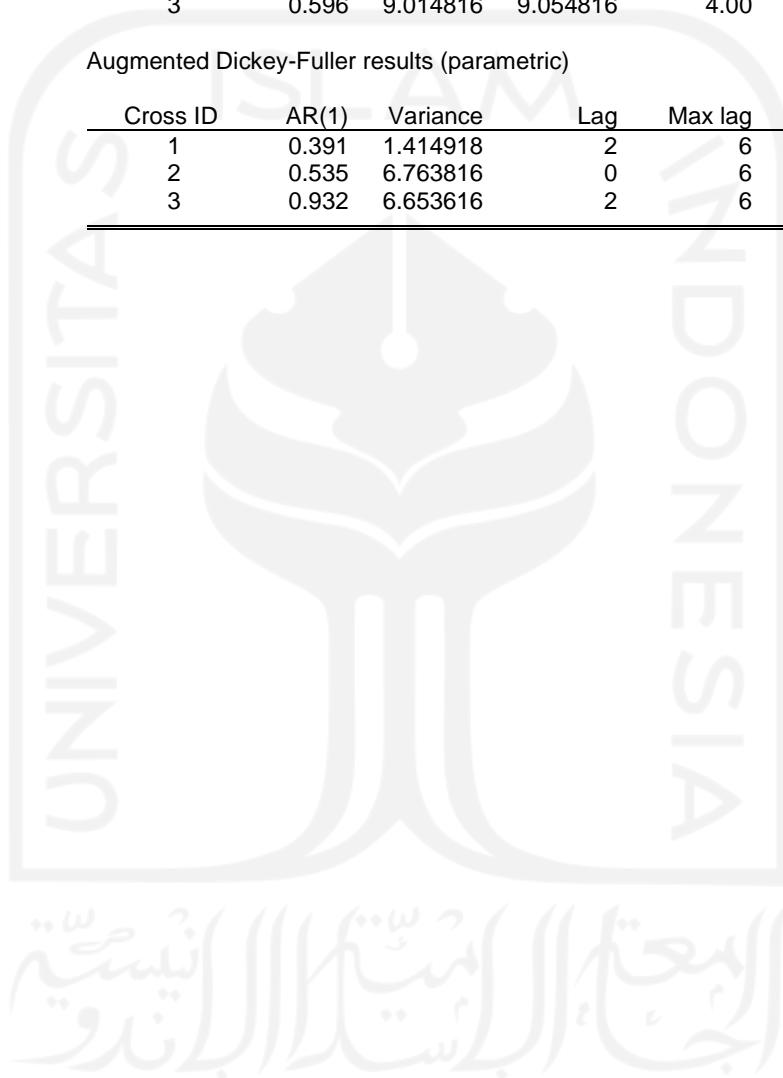
Cross section specific results

Phillips-Peron results (non-parametric)

Cross ID	AR(1)	Variance	HAC	Bandwidth	Obs
1	0.104	1.985718	1.985718	0.00	29
2	0.535	6.764516	6.064516	2.00	29
3	0.596	9.014816	9.054816	4.00	29

Augmented Dickey-Fuller results (parametric)

Cross ID	AR(1)	Variance	Lag	Max lag	Obs
1	0.391	1.414918	2	6	27
2	0.535	6.763816	0	6	29
3	0.932	6.653616	2	6	27



Lampiran 4 Panel *Vector Error Corection Model* (PVECM)

Vector Error Correction Estimates
 Date: 08/28/22 Time: 16:03
 Sample (adjusted): 1991 2018
 Included observations: 84 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegrating Eq:	CointEq1		
CO2(-1)	1.000000		
GDP(-1)	1.276410 (5.83409) [2.17911]		
HYDROELCTRICITY(-1)	4286688. (4912254) [0.87265]		
C	-1.126110		
Error Correction:	D(CO2)	D(GDP)	D(HYDROELC TRICITY)
CointEq1	0.062047 (0.01093) [5.67793]	6.832313 (6.23113) [1.09961]	-4.845609 (5.56409) [-0.88456]
D(CO2(-1))	0.013416 (0.08859) [0.15144]	7.096412 (5.01212) [1.40916]	-1.278108 (4.43108) [-0.28707]
D(CO2(-2))	-0.609864 (0.08923) [-6.83441]	6.722112 (5.11212) [1.32568]	9.043508 (4.52308) [2.02385]
D(GDP(-1))	6.002009 (2.13109) [2.84391]	0.264600 (0.11994) [2.20604]	2145.659 (1056.75) [2.03043]
D(GDP(-2))	-6.154209 (2.23109) [-2.84988]	-0.083649 (0.12255) [-0.68255]	-497.6854 (1079.75) [-0.46092]
D(HYDROELCTRICITY(- 1))	-337148.9 (237233.) [-1.42117]	-1.397305 (1.32305) [-1.02899]	-0.494938 (0.11875) [-4.16782]
D(HYDROELCTRICITY(- 2))	-400945.1 (244529.) [-1.63966]	-5.052406 (1.41405) [-0.36314]	-0.070191 (0.12240) [-0.57343]
C	7.67E+08 (9.34507)	0.008967 (0.00530)	-18.23317 (46.7186)

	[8.21507]	[1.69112]	[-0.39028]
R-squared	0.522895	0.237262	0.344151
Adj. R-squared	0.478951	0.167010	0.283744
Sum sq. resids	2.864619	0.092468	7177676.
S.E. equation	6.146508	0.034881	307.3160
F-statistic	11.89915	3.377294	5.697197
Log likelihood	-1814.760	166.9010	-596.1290
Akaike AIC	43.39905	-3.783356	14.38402
Schwarz SC	43.63056	-3.551850	14.61553
Mean dependent	4.973208	0.018005	30.03045
S.D. dependent	8.517608	0.038218	363.1207
Determinant resid covariance (dof adj.)		3.547319	
Determinant resid covariance		2.622419	
Log likelihood		-2235.470	
Akaike information criterion		53.86834	
Schwarz criterion		54.64968	
Number of coefficients		27	

UNIVERSI
INDONESIA
الجامعة الإسلامية
الاستد بالانديسة

Lampiran 5 *Wald Test*

Wald Test:
System: %system

Test Statistic	Value	df	Probability
Chi-square	21.63052	4	0.0002

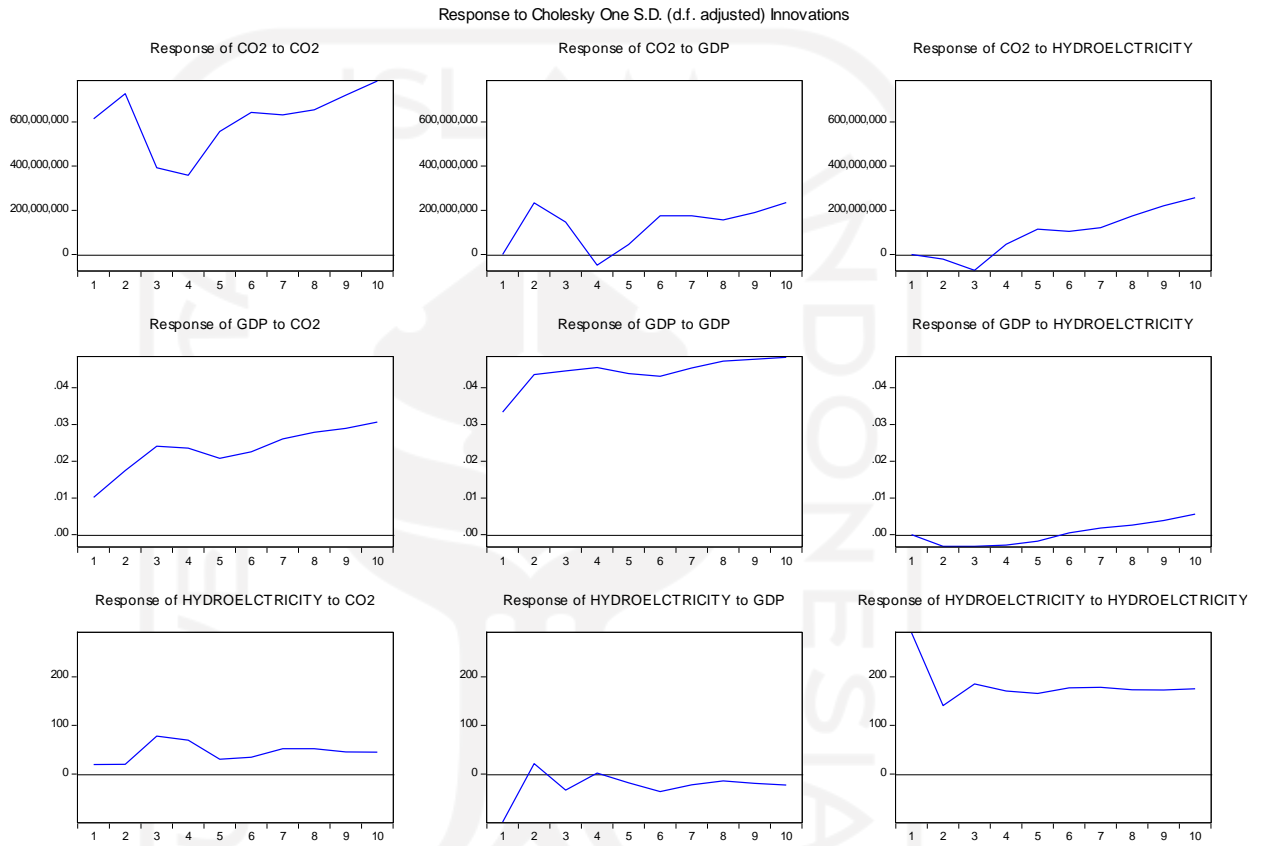
Null Hypothesis: $C(4)=C(5)=C(6)=C(7)=0$
Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(4)	6.003709	2.114209
C(5)	-6.150909	2.166709
C(6)	-337148.9	237233.4
C(7)	-400945.1	244529.2

Restrictions are linear in coefficients.

Lampiran 6 Analisis *Impulse Response Function* (IRF)

a. Grafik



b. Kombinasi Grafik

Response to Cholesky One S.D. (d.f. adjusted) Innovations

