

# Analisis hubungan antara emisi CO<sub>2</sub>, konsumsi energi *hydroelectricity* dan Produk Domestik Bruto di empat negara ASEAN

Syahtriagum Syahrir, dan Prastowo\*

Jurusan Ilmu Ekonomi, Fakultas Bisnis dan Ekonomika, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

\*Corresponding author: [prastowo@uui.ac.id](mailto:prastowo@uui.ac.id)

---

## JEL Classification Code:

F64, O13, P13

## Kata kunci:

Kointegrasi, emisi CO<sub>2</sub>, *hydroelectricity*, produk domestik bruto

## Email penulis:

[18313372@students.uui.ac.id](mailto:18313372@students.uui.ac.id)

## DOI:

10.20885/JKEK.vol2.iss2.art3

---

## Abstract

**Purpose** – This research aims to analyze the relationship between *hydroelectricity* energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions, and gross domestic product in four ASEAN countries (Indonesia, Malaysia, the Philippines and Thailand) in the period 1988-2018.

**Methods** – The method used in this research is the Panel Vector Error Correction Model (PVECM).

**Findings** – The findings show that there is a long-term and short-term relationship between Gross Domestic Product (GDP). In addition, there is a one-way causality between the variables Gross Domestic Product (GDP) and CO<sub>2</sub> Emissions, CO<sub>2</sub> Emissions and *hydroelectricity*, and between Gross Domestic Product (GDP) and *hydroelectricity*.

**Implication** – Application of the *hydroelectricity* method as a more environmentally friendly use of energy and playing a role in efforts to reduce global warming.

**Originality** – This research contributes to renewable energy policy.

---

## Abstrak

**Tujuan** – Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara konsumsi energi *hydroelectricity*, emisi CO<sub>2</sub>, dan produk domestik bruto di empat negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Filipina dan Thailand) pada periode 1988-2018

**Metode** – Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Panel *Vector Error Correction Model* (PVECM).

**Temuan** – emuannya menunjukkan erdapat hubungan jangka panjang dan pendek Produk Domestik Bruto (PDB), sealin itu, terdapat kausalitas satu arah antara variabel Produk Domestik Bruto (PDB) dan Emisi CO<sub>2</sub>, Emisi CO<sub>2</sub> dan *hydroelectricity*, dan antara Produk Domestik Bruto (PDB) terhadap *hydroelectricity*.

**Implikasi** – Penerapan metode *hydroelectricity* sebagai penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan dan mengambil peran dalam upaya menekan angka pemanasan global.

**Orisinalitas** – Penelitian ini berkontribusi terhadap kebijakan energi terbarukan.

---

## Pendahuluan

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 dari penggunaan energi. Dari banyaknya jenis energi, fosil

merupakan salah satu energi yang komponennya paling tinggi dipakai di berbagai kawasan penjuror dunia di bidang ekonomi.

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. 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 (Change, 2005).

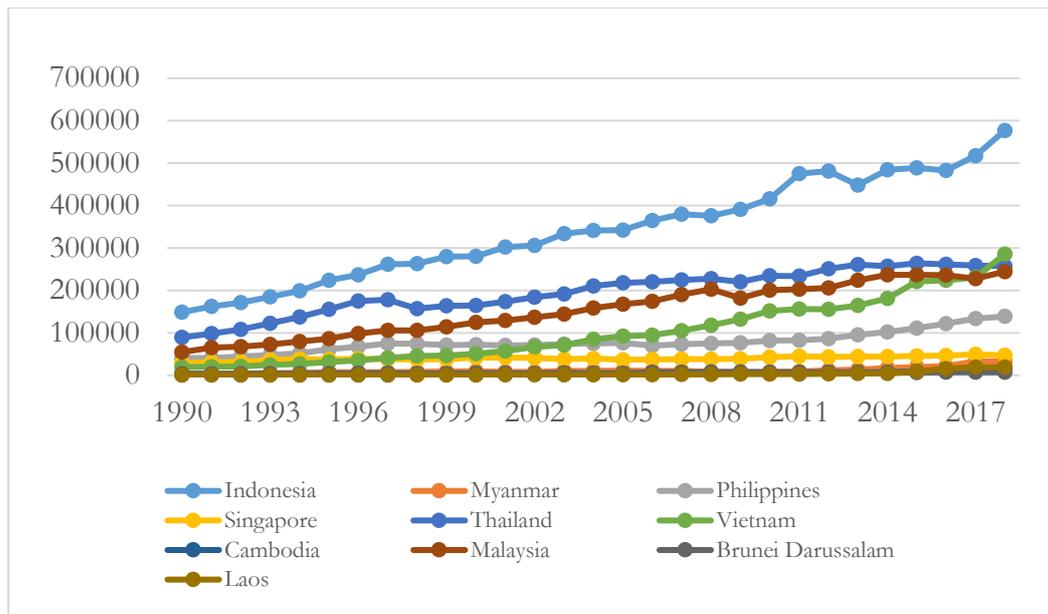
Secara cepat energi terbarukan memperkuat perannya dalam memenuhi kebutuhan energi di berbagai penjuror dunia, dengan kata lain, perkembangan investasi di bidang energi terbarukan mengalami percepatan baik di negara maju maupun negara berkembang. Berdasarkan data yang dirilis oleh (Renewables, 2019), pada 2019 penggunaan energi terbarukan di ASEAN menyumbang rata-rata 45.7%, termasuk di dalamnya 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.

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*.

Kategori negara yang termasuk dalam *high income* adalah negara yang telah maju dan menerapkan sistem perekonomian yang sudah mumpuni, serta fasilitas dan infrastrukturnya pun 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 CO<sub>2</sub> 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 (Ramadhani & Nani, 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.

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, 2020). Namun demikian, upaya untuk membangun paradoks bahwa tidak selamanya berpolusi menjadi alasan untuk memenuhi kebutuhan ekonomi dengan mencoba menerapkan penggunaan *hydroelectricity*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara konsumsi energi *hydroelectricity*, emisi karbon dioksida, dan produk domestik bruto (PDB).



Sumber: world bank, 2020 (diolah)

**Gambar 1.** Peningkatan Emisi CO<sub>2</sub> ASEAN

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) Abakah, (1993) menganalisis 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. Hasil studi 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 negatif 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. Sementara itu, Ziramba, (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 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 arah antara variabel pertumbuhan ekonomi terhadap konsumsi *hydro* energi di AS, Brasil, Finlandia, Meksiko, dan Turki pada jangka pendek. Selanjutnya, hasil penelitiannya juga mengonfirmasi adanya hubungan sebab akibat dua arah dalam jangka Panjang terhadap kedua variabel tersebut.

## Metode Penelitian

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 Statistik (BPS). Bentuk data yang dipakai yaitu data panel VECM yang merupakan gabungan data deret waktu mulai tahun 1988 sampai dengan 2018 dan *cross-section* untuk empat negara ASEAN. Peneliti juga melakukan studi literatur dengan membaca jurnal dan artikel yang berkaitan dengan penelitian ini.

**Tabel 1.** Definisi Variabel

Model	Variabel	Ukuran	Sumber
CO <sub>2</sub>	Emisi Karbon Dioksida	Kh	World Bank
Hydro	Konsumsi Energi <i>Hydroelectricity</i>	Kwh	World Bank
PDB	Produk Domestik Bruto	Rupiah	World Bank

Adapaun persamaan penelitian model panel VECM sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta PDB_{it} &= \alpha_{it} + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} \Delta PDB_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_{2i} \Delta CO2_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_{3i} \Delta Hydro_{t-1} + \\ &\quad \alpha_{4i} ECT_{t-1} + \varepsilon_t \\ \Delta CO2_{it} &= \alpha_{it} + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} \Delta CO2_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_{2i} \Delta PDB_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_{3i} \Delta Hydro_{t-1} + \\ &\quad \alpha_{4i} ECT_{t-1} + \varepsilon_t \\ \Delta Hydro_{it} &= \alpha_{it} + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} \Delta Hydro_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_{2i} \Delta CO2_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_{3i} \Delta PDB_{t-1} + \\ &\quad \alpha_{4i} ECT_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

Di mana

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

Keterangan:

$\Delta y_t$  : Vektor turunan pertama variabel dependen

$\Delta y_{t-1}$  : aktor turunan pertama variabel dependen dengan lag ke-1

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

$\varepsilon_t$  : Vektor residual

$\alpha_i$  : Matriks koefisien variabel dependen ke-i, di mana  $i = 1, 2, \dots, p$

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).

## Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan Tabel 2 hasil uji unit root, didapatkan hasil bahwa rata-rata variabel tidak stasioner pada tingkat *level*, dan stasioner pada tingkat *1<sup>st</sup> difference*. Ketika data sudah stasioner pada tingkat *1<sup>st</sup> 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 *1<sup>st</sup> difference* maka dapat diartikan data tersebut akan terjadi kointegrasi dan terdapat hubungan jangka panjang.

Berdasarkan Tabel 3. 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.

**Tabel 2.** Hasil Uji Unit Root Test

Variabels	Individual Intercept				Individual Intercept and Trend			
	LLC	IPS	ADF	PP	LLC	IPS	ADF	PP
<b>Level</b>								
Emisi CO <sub>2</sub>	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
<b>1<sup>st</sup> Difference</b>								
Emisi CO <sub>2</sub>	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

**Tabel 3.** Hasil Uji Kao Test

ADF	Residual variance	HAC variance	Prob.
2.546339	1.1318	1.1417	0.0054

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

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Jangka Pendek

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

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* di mana untuk melihat jangka pendeknya dengan wald test sedangkan untuk mendeteksi hubungan jangka Panjang menggunakan kointegrasi. Berikut hasil uji wald test:

**Tabel 5.** Hasil *Wald Test*

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

Berdasarkan hasil pengujian wald test 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.

**Tabel 6.** Hasil *Granger Causality Test*

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

\* menunjukkan bahwa Prob. < 5% (0.05)

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa PDB berindikasi memiliki hubungan sebab akibat satu arah dengan emisi CO<sub>2</sub> sedangkan untuk emisi CO<sub>2</sub> juga terdapat hubungan sebab akibat satu arah dengan variabel *hydroelectricity*. Adapun untuk PDB memiliki hubungan kausalitas satu arah dengan *Hydroelectricity* sedangkan variabel *hydroelectricity* tidak memiliki hubungan sebab akibat satu arah ataupun dua arah.

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 produk domestik bruto (PDB) berpengaruh secara langsung terhadap emisi CO<sub>2</sub> dan penggunaan energi *hydroelectricity*. Dengan kata lain produk domestik bruto memengaruhi 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 emisi karbon dioksida.

Berdasarkan hasil uji kausalitas yang dilakukan menunjukkan bahwa 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, 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 keempat negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina) sudah mulai sadar akan dampak lingkungan yang dihasilkan dari salah satu faktor pertumbuhan ekonomi.

Lebih lanjut, produk domestik bruto (PDB) memiliki hubungan sebab akibat (kausalitas) terhadap variabel *hydroelectricity*. Hal ini sesuai dengan yang telah dijabarkan oleh (Noor & Adi, 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 di atas menunjukkan bahwa hipotesis EKC yang menjelaskan keterkaitan antara GDP 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).

## Kesimpulan dan Implikasi

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan pada penelitian ini bahwa Produk Domestik Bruto (PDB), Emisi CO<sub>2</sub> dan *hydroelectricity*, memiliki hubungan baik jangka pendek maupun jangka panjang. Hasil uji kausalitas menunjukkan bahwa terdapat kausalitas satu arah antara variabel Produk Domestik Bruto (PDB) dan Emisi CO<sub>2</sub>, Emisi CO<sub>2</sub> dan *hydroelectricity*, dan antara Produk Domestik Bruto (PDB) terhadap *hydroelectricity*. 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.

## 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/>
- 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](https://unfccc.int/kyoto_protocol)
- Fitri, D., & Dwi, N. (2019). Kausalitas Konsumsi Energi Hydroelectricity, Emsis Karbon Dioksida terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. *Journal of Economics and Bussiness*, 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.
- Noor, M. A., & Adi, P. M. (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.
- Noor, M. A., & Saputra, P. M. (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.
- Okafar, H. (2012). Testing The Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth Evidence From Nigeria and South Africa. *Econ Sustain Development*, 111-124.
- Petroleum, B. (2019). *Statistical 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>
- Ramadhani, D., & Nani, F. D. (2019). Kausalitas Konsumsi Energi Hydroelectricity, Emisi Karbon Dioksida Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *Journal of Economics and Business*, 156-157.
- Renewables. (2019, Juni 17). *Building the sustainable energy future*. Retrieved from REN21: <https://www.ren21.net/>

- Ridwan, N. A. (2020). Hubungan Kausalitas Konsumsi Energi Hydropower, Emisi Karbon Dioksida dan Pertumbuhan Ekonomi pada Negara-negara G20. *Jurnal Manajemen Ekonomi dan Akutansi*.
- Tol, R. S. (2012). On the uncertainty about the total economic impact of climate change. *Environmental and Resourch Economics*, 53, 97-116.
- Ziramba, E. (2013). Hydroelectricity Consumption and Economic Growth Nexus Time Series Experience Of Three African Countries. *Eur Sci*, 85-96.