

Analisis Kausalitas antara Konsumsi Energi Fosil, Pendapatan per Kapita, dan *Foreign Direct Investment* di Negara-Negara ASEAN

Maisa Mahran Rahmahhani^{1*}, Siti Fatimah Zahra², Sri Indah Nikensari³
Pendidikan Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia ^{1,2,3}

*Email Korespondensi: maisahani08@gmail.com

Sejarah Artikel:

Diterima 06-08-2026
Disetujui 15-08-2026
Diterbitkan 17-08-2026

ABSTRACT

This study aims to analyze the causal relationship between Fossil Energy Consumption, Per Capita Income, and Foreign Direct Investment (FDI) in six ASEAN countries over the period 2005–2024. This research employs a quantitative approach using balanced panel data comprising 120 observations. The analytical framework includes panel stationarity tests, Pedroni panel cointegration tests, and the Dumitrescu-Hurlin panel causality test augmented with the Toda-Yamamoto procedure (DH-TY). This framework is selected due to its suitability for data characterized by mixed integration orders of $I(0)$ and $I(1)$ and heterogeneous panel structures. Data processing is conducted using EViews 12. The results reveal three significant unidirectional causal relationships, namely from Per Capita Income to FDI (prob. 0.0000), from Fossil Energy Consumption to FDI (prob. 0.0002), and from Per Capita Income to Fossil Energy Consumption (prob. 0.0292), while no reverse causality is found in the opposite directions.

Keywords: Fossil Energy Consumption; Per Capita Income; Foreign Direct Investment; Panel Causality; Dumitrescu-Hurlin; Toda-Yamamoto; ASEAN

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan kausalitas antara Konsumsi Energi Fosil, Pendapatan Perkapita, dan Foreign Direct Investment (FDI) di enam negara ASEAN selama periode 2005-2024. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data panel seimbang yang mencakup 120 observasi. Tahapan analisis meliputi uji stasioneritas panel, uji kointegrasi panel Pedroni, serta uji kausalitas panel Dumitrescu-Hurlin dengan augmentasi Toda-Yamamoto (DH-TY). Kerangka ini dipilih karena sesuai dengan karakteristik data yang memiliki orde integrasi campuran $I(0)$ dan $I(1)$ dan struktur panel yang heterogen. Pengolahan data dilakukan menggunakan EViews 12. Hasil penelitian menunjukkan terdapat tiga hubungan kausalitas satu arah yang signifikan, yaitu dari Pendapatan Perkapita menuju FDI (prob. 0,0000), dari konsumsi energi fosil menuju FDI (prob. 0,0002), dan dari pendapatan perkapita menuju konsumsi energi fosil (prob. 0,0292), sementara tidak ditemukan kausalitas pada arah sebaliknya.

Katakunci: Konsumsi Energi Fosil; Pendapatan Perkapita; Foreign Direct Investment; Kausalitas Panel; Dumitrescu-Hurlin; Toda-Yamamoto; ASEAN

PENDAHULUAN

Perjanjian Paris tahun 2015 telah menetapkan tujuan untuk mengatasi perubahan iklim, salah satunya adalah membatasi kenaikan suhu maksimum hingga kurang dari 1,5°C (UNFCCC, 2015; Schleussner et al., 2022). Dalam *Glasgow Climate Pact* tahun 2021, negara-negara kembali memperkuat komitmen terhadap batas 1,5°C dengan mengakui bahwa dampak perubahan iklim akan jauh lebih rendah pada kenaikan suhu 1,5°C dibandingkan 2°C (Li et al., 2022). Suhu Bumi saat ini mengalami perubahan iklim yang sangat cepat akibat emisi karbon dioksida (CO₂) yang berlebihan dari aktivitas manusia (Singh et al., 2024). Ketika jumlah CO₂ semakin banyak dan tidak terkendali, hal ini berkontribusi besar terhadap perubahan iklim dengan menciptakan perangkat radiasi panas yang menyebabkan peningkatan suhu atmosfer (El-Shafie & Kambara, 2022).

Sebagian besar emisi CO₂ berasal dari konsumsi energi fosil (Li et al., 2022). Pada periode 1997–2025, lebih dari 75% emisi karbon dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil, menjadikannya ancaman utama terhadap kualitas lingkungan (Li & Haneklaus, 2022). Emisi CO₂ tahunan dunia dari konsumsi energi fosil dan sektor industri diperkirakan mencapai 35 miliar ton (Tijjani Usman et al., 2022). Penggunaan energi fosil relatif sulit dikendalikan karena masih menjadi sumber utama dalam mendukung produktivitas perekonomian, salah satunya di kawasan ASEAN. *International Energy Agency* (IEA) menyatakan bahwa kawasan ASEAN telah menyumbang 11% pertumbuhan permintaan energi global sejak 2010 dan diproyeksikan meningkat hingga lebih dari 25% pada tahun 2035. *Institute for Essential Services Reform* (IESR) memperkirakan permintaan energi di kawasan ini akan meningkat hingga 70% pada tahun 2040 seiring proses industrialisasi.

Singapura menempati peringkat pertama konsumsi energi fosil per kapita di ASEAN, diikuti Malaysia dan Thailand, sementara Indonesia dan Filipina berada di peringkat kelima dan keenam. Perbedaan ini mencerminkan variasi struktur industri masing-masing negara. Kawasan ASEAN relevan dengan isu degradasi lingkungan dan memiliki hubungan kompleks dengan pendapatan per kapita (Santana & Maria, 2024). Hubungan ini dijelaskan dalam Hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) yang menyatakan adanya hubungan berbentuk kurva antara pendapatan per kapita dan degradasi lingkungan (Darwanto et al., 2019). Teori pertumbuhan ekonomi Neo-Klasik juga menerangkan bahwa input energi adalah penggerak ekonomi karena meningkatkan produktivitas sektor industri (Rahmawati & Robertus, 2023). Konsumsi energi fosil di Indonesia masih menunjukkan pengaruh positif signifikan terhadap GDP dengan kontribusi 64,7% (Septyani & Hartati, 2024). Nupehewa (2022) menjelaskan adanya hubungan kausal dua arah antara PDB dan energi fosil, di mana energi fosil mendorong ekspansi ekonomi dan sebaliknya.

Energi memiliki peran penting dalam mendorong sistem ekonomi, baik dari sisi permintaan konsumen maupun penawaran produsen (Chontanawat et al., 2006 dalam Reneri Arista & Amar, 2019). Hal ini tercermin pada pendapatan per kapita negara-negara ASEAN, di mana Singapura menempati posisi tertinggi sekaligus sebagai konsumen fosil tertinggi, diikuti Vietnam, Filipina, dan Malaysia, sementara Thailand dan Indonesia berada di posisi lebih rendah.

Konsumsi energi fosil juga memiliki hubungan kompleks terhadap iklim investasi, terutama di negara-negara yang menuju industrialisasi seperti ASEAN. Negara-negara ASEAN sangat bergantung pada *Foreign Direct Investment* (FDI) untuk meningkatkan ekspansi ekonomi. Berdasarkan UNCTAD, arus FDI global meningkat 77% pada tahun 2021 menjadi 1,65 triliun dolar AS (Indriawati et al., 2025). Kegiatan produksi akibat FDI sering meningkatkan konsumsi energi dan eksploitasi sumber daya alam, yang berujung pada peningkatan emisi karbon dioksida (Whilla Saputra & Indira Hasmarini, 2025).

Berdasarkan Hipotesis *Pollution Haven*, FDI mendorong peningkatan emisi di negara berkembang akibat lemahnya regulasi lingkungan (Fiannurizki, 2024). Hubungan FDI dan konsumsi energi fosil menunjukkan sebab akibat, yakni FDI dipengaruhi oleh konsumsi energi fosil dan sebaliknya (Nupehewa et al., 2022).

Pola data menarik terlihat pada keterkaitan antara FDI dengan konsumsi energi, tercermin dari kesamaan pola pendapatan per kapita dengan persentase FDI terhadap PDB. Singapura sebagai penerima FDI tertinggi juga memiliki konsumsi energi fosil per kapita tertinggi, diikuti Vietnam, Filipina, dan Malaysia. Sementara Thailand dan Indonesia dengan proporsi FDI lebih rendah masih menghadapi tantangan mengoptimalkan investasi berkelanjutan.

FDI berhubungan dengan pendapatan per kapita dalam Teori Pertumbuhan Ekonomi Neo Klasik, di mana investasi harus terus meningkat agar perekonomian mengalami pertumbuhan berkelanjutan (Sukirno, 1994). Nupehewa et al. (2022) menunjukkan adanya hubungan kausal dua arah antara FDI dan pendapatan per kapita, di mana FDI berkontribusi melalui akumulasi modal, transfer teknologi, dan penciptaan lapangan kerja, sementara pendapatan per kapita yang meningkat menciptakan iklim investasi lebih menarik.

Kondisi ini menimbulkan pertanyaan tentang kompleksitas hubungan dua arah antara konsumsi energi fosil, pendapatan per kapita, dan FDI di ASEAN. Studi empiris menunjukkan temuan bervariasi. Nur Mozahid et al. (2022) menemukan kausalitas dua arah antara FDI dengan konsumsi energi dan PDB dengan konsumsi energi, tetapi tidak antara PDB dan FDI. Hal ini bertentangan dengan Mwakabungu & Kauangal (2023) yang menemukan kausalitas satu arah dari FDI terhadap pendapatan per kapita. Pao & Tsai (2011) menemukan pendapatan per kapita berpengaruh positif terhadap FDI, sedangkan FDI dan konsumsi energi memiliki hubungan timbal balik kuat. Inkonsistensi ini semakin terlihat ketika Nupehewa et al. (2022) justru menemukan kausalitas dua arah antara FDI dan pendapatan per kapita.

Inkonsistensi temuan diduga disebabkan perbedaan konteks wilayah, periode data, dan metodologi. Namun penelitian-penelitian tersebut belum menjawab pertanyaan mendasar mengapa konsumsi energi fosil di ASEAN sulit dikurangi. Penelitian ini berargumen bahwa jawabannya terletak pada kompleksitas keterkaitan simultan ketiga variabel, di mana konsumsi energi fosil terikat secara kausal dengan pendapatan per kapita dan FDI yang saling memperkuat. Selama keterkaitan ini belum dipahami secara empiris, upaya pengurangan konsumsi energi fosil akan menghadapi jalan buntu.

Yang belum pernah diuji secara komprehensif dan simultan di ASEAN adalah apakah keterkaitan ini bersifat sementara dalam jangka pendek atau membentuk keseimbangan permanen dalam jangka panjang. Penelitian ini hadir dengan tiga kebaruan: pertama, menguji hubungan kausalitas secara simultan antara ketiga variabel sebagai satu sistem terikat; kedua, berfokus pada enam negara ASEAN dengan karakteristik laju industrialisasi tertinggi di dunia yang diproyeksikan menyumbang lebih dari 25% pertumbuhan permintaan energi global pada 2035; ketiga, menggunakan data panel 2005–2024 dan pendekatan ARDL serta Granger Causality Test untuk mengidentifikasi apakah keterkaitan antar variabel bersifat jangka pendek atau membentuk keseimbangan jangka panjang, sebuah dimensi yang belum pernah dilakukan secara simultan di kawasan ASEAN.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini mengambil judul "Analisis Kausalitas antara Konsumsi Energi Fosil, Pendapatan per Kapita, dan Foreign Direct Investment di Negara-Negara ASEAN" dengan harapan memberikan kontribusi empiris bagi pengembangan kebijakan energi dan investasi berkelanjutan di kawasan ASEAN.

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah diuraikan, penelitian ini mengajukan tiga pertanyaan penelitian, yaitu apakah terdapat hubungan kausalitas antara konsumsi energi fosil dan

pendapatan per kapita, antara konsumsi energi fosil dan Foreign Direct Investment (FDI), serta antara pendapatan per kapita dan Foreign Direct Investment (FDI) di negara-negara ASEAN. Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan kausalitas antara masing-masing variabel tersebut di negara-negara ASEAN.

METODE PENELITIAN

Unit Analisis, Populasi, dan Sampel Penelitian

Unit Analisis

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kompleksitas antara konsumsi energi fosil, pendapatan per kapita, dan *Foreign Direct Investment* (FDI) di negara-negara ASEAN. Kompleksitas yang dimaksud dalam penelitian ini merujuk pada adanya keterkaitan simultan dan saling memengaruhi. Penelitian ini menunjukkan kombinasi variabel $I(0)$ dan $I(1)$ sehingga menggunakan metode uji kausalitas panel Dumitrescu-Hurlin dalam kerangka Toda-Yamamoto untuk menganalisis arah kausalitas secara trivariate dan model ARDL *Pooled Mean Group* (PMG) untuk menganalisis hubungan jangka panjang dan jangka pendek antar variabel. Peneliti menggunakan data sekunder tahunan dari enam negara di kawasan ASEAN, yaitu Indonesia, Singapura, Malaysia, Filipina, Thailand, dan Vietnam selama periode 2005–2024. Pemilihan negara tersebut didasarkan pada kontribusi ekonomi yang signifikan di kawasan serta ketersediaan data yang konsisten, sehingga diharapkan mampu memberikan gambaran empiris mengenai interaksi antara investasi asing, konsumsi energi fosil, dan pendapatan per kapita di ASEAN.

Populasi

Populasi dalam penelitian ini mencakup data pendapatan per kapita, arus masuk *Foreign Direct Investment* (FDI), dan konsumsi energi fosil per kapita pada negara-negara di kawasan ASEAN. Data tersebut digunakan untuk menggambarkan kondisi makroekonomi dan pola konsumsi energi di masing-masing negara dalam periode penelitian.

Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah enam negara di kawasan ASEAN, yaitu Indonesia, Singapura, Malaysia, Filipina, Thailand, dan Vietnam selama periode 2005–2024. Pemilihan sampel tersebut didasarkan pada ketersediaan data yang lengkap dan konsisten, serta representasi negara dengan kontribusi ekonomi signifikan di kawasan ASEAN.

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berbentuk data panel, yaitu kombinasi data *time series* dan *cross section*. Data yang digunakan merupakan data tahunan yang diperoleh dari publikasi statistik resmi selama periode 2005–2024. Sumber data berasal dari lembaga internasional dan nasional yang kredibel, seperti Our World in Data, sehingga dapat menjamin konsistensi dan akurasi data dalam proses analisis. Data panel mampu menyediakan jumlah data yang lebih banyak sehingga menghasilkan derajat kebebasan yang lebih besar.

Definisi Operasional

Tabel 1. Definisi Operasional Variabel

Variabel	Definisi Operasional	Satuan	Sumber Data
Konsumsi Energi Fosil	Konsumsi energi fosil per kapita, yaitu jumlah konsumsi energi yang berasal dari bahan bakar fosil dibagi dengan jumlah penduduk pada suatu negara dalam periode tertentu	TWh per kapita	Our World in Data
Pendapatan per Kapita	Pendapatan per kapita yang diperoleh dari total pendapatan suatu negara dibagi dengan jumlah penduduk pada periode tertentu	USD	Our World in Data
Foreign Direct Investment (FDI)	Arus masuk investasi asing langsung sebagai persentase terhadap Produk Domestik Bruto (GDP)	% dari GDP	Our World in Data

(Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026)

Teknik Analisis Data

Uji Stasioneritas Data

Tahap pertama dalam analisis data panel dinamis adalah memastikan bahwa seluruh variabel bersifat stasioner. Langkah ini bersifat krusial karena data deret waktu makroekonomi pada umumnya mengandung *unit root* atau tidak stasioner pada tingkat level, sehingga estimasi yang dilakukan secara langsung berpotensi menghasilkan regresi lancung (*spurious regression*). Pengujian ini menggunakan dua metode secara bersamaan, yaitu uji Levin-Lin-Chu (LLC) yang mengasumsikan koefisien autoregresif homogen dan uji Im-Pesaran-Shin (IPS) yang bersifat lebih fleksibel karena membolehkan koefisien autoregresif heterogen. Hipotesis nol ($H_0: \rho = 0$) menyatakan bahwa variabel mengandung akar unit atau tidak stasioner, sedangkan hipotesis alternatif ($H_1: \rho < 0$) menyatakan bahwa variabel telah stasioner.

Penentuan Lag Optimal

Pemodelan Vector Autoregression (VAR) dalam penelitian ini berfungsi untuk penentuan lag optimum dan spesifikasi VAR dalam kerangka Toda-Yamamoto. Lag optimum ditentukan menggunakan VAR Lag Order Selection Criteria dengan model $Y_t = A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_K Y_{t-K} + \varepsilon_t$, di mana $Y_t = [LNGDPC_t, LNFOSSILC_t, LFDI_t]'$ adalah vektor variabel endogen. Kriteria yang digunakan adalah Schwarz Information Criterion (SC) dan Hannan-Quinn Information Criterion (HQ) yang lebih sesuai untuk sampel dengan dimensi waktu terbatas. Setelah lag optimum ditetapkan, VAR dispesifikasikan dalam levels dengan total lag $K + d_{max}$, di mana d_{max} adalah orde integrasi maksimum variabel. Mengingat orde integrasi maksimum dalam penelitian ini adalah $I(1)$, maka $d_{max} = 1$, sehingga total lag VAR = $K + d_{max}$.

Uji Kointegrasi

Penelitian ini menggunakan uji kointegrasi panel Pedroni yang merupakan pendekatan berbasis residual yang secara khusus dirancang untuk data panel. Pengujian diawali dengan mengestimasi hubungan jangka panjang antarvariabel, yang dinyatakan dalam persamaan kointegrasi $EF_{i,t} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 FDI_{i,t} + e_{i,t}$. Residual $e_{i,t}$ yang dihasilkan kemudian diuji stasioneritasnya. Apabila residual terbukti stasioner, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan kointegrasi atau keseimbangan jangka panjang antarvariabel. Uji Pedroni dipilih karena keunggulannya dalam mengakomodasi heterogenitas antarnegara. Hipotesis nol pada uji ini menyatakan tidak adanya kointegrasi, sedangkan hipotesis alternatif menyatakan adanya kointegrasi antarvariabel.

Uji Kausalitas Panel Dumitrescu-Hurlin dalam Framework Toda-Yamamoto

Uji kausalitas panel dilakukan menggunakan metode Dumitrescu-Hurlin (2012) yang diintegrasikan dalam kerangka Toda-Yamamoto (1995). Kombinasi ini dipilih karena mampu mengakomodasi heterogenitas antar unit *cross-section*, valid untuk variabel dengan orde integrasi berbeda, mampu menguji kausalitas secara trivariate, serta menghindari *omitted variable bias* yang terjadi pada uji bivariate. Uji kausalitas dilakukan untuk enam pasang hipotesis dengan hipotesis nol (H_0) menyatakan tidak adanya kausalitas, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan adanya kausalitas. Hipotesis nol ditolak jika nilai probabilitas $< 0,05$ (taraf 5%) atau $< 0,01$ (taraf 1%).

Estimasi Model ARDL Pooled Mean Group (PMG)

Model ARDL PMG digunakan untuk menganalisis hubungan jangka panjang dan jangka pendek antar variabel. PMG dipilih karena memungkinkan koefisien jangka pendek berbeda antar negara namun membatasi koefisien jangka panjang agar sama, yang merupakan spesifikasi yang tepat untuk panel ASEAN yang heterogen dalam dinamika jangka pendek namun diperkirakan memiliki keseimbangan jangka panjang yang konvergen (Pesaran et al., 1999). Penggunaan ARDL didasarkan pada tidak terdapatnya variabel $I(2)$, adanya bukti kointegrasi berdasarkan uji Pedroni, dan adanya kombinasi variabel $I(0)$ dan $I(1)$ yang menghalangi penggunaan VECM standar.

Estimasi dalam ARDL PMG akan dilakukan untuk dua persamaan: persamaan pertama dengan variabel dependen pendapatan per kapita (LN_{GDPC}) dan persamaan kedua dengan variabel dependen konsumsi energi fosil (LN_{FOSSILC}). Hubungan jangka panjang dan jangka pendek (ECM) akan diestimasi untuk masing-masing persamaan. Koefisien *Error Correction Term* (ECT) harus bernilai negatif dan signifikan untuk mengonfirmasi mekanisme koreksi error, yang menunjukkan adanya penyesuaian menuju keseimbangan jangka panjang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Penelitian ini memberikan hasil analisis kausalitas antara *Foreign Direct Investment* (FDI), pendapatan per kapita, dan konsumsi energi fosil di kawasan ASEAN. Negara yang menjadi unit analisis adalah Indonesia, Malaysia, Singapura, Thailand, Vietnam, dan Filipina dalam kurun waktu 2005–2024. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak E-Views dengan data panel, yaitu kombinasi data deret waktu (*time series*) dan data lintas sektor (*cross section*), dengan total keseluruhan observasi sebanyak 120.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Variabel Penelitian

Statistik Deskriptif	FDI	FOSSILC	GDPC
Mean	6,134670	31039,77	24900,91
Median	3,041000	10364,51	13717,96
Maksimum	32,59650	175846,9	119927,8
Minimum	-0,858000	2773,767	5229,451
Standar Deviasi	7,803392	47636,20	29089,85

(Sumber: World Bank dan Our World in Data, diolah menggunakan EViews 12, 2025)

Berdasarkan Tabel 2, variabel FDI memiliki rata-rata sebesar 6,13 dengan nilai tertinggi 32,60 dan nilai terendah -0,86. Nilai minimum yang negatif mencerminkan adanya *net outflow* investasi yang terjadi

pada salah satu negara ASEAN selama periode penelitian, kemungkinan besar berkaitan dengan dampak pandemi COVID-19 terhadap arus modal global pada tahun 2020. Standar deviasi sebesar 7,80 menunjukkan adanya variasi nilai FDI yang cukup besar antar negara dan antar waktu dalam sampel penelitian.

Variabel FOSSILC menunjukkan rata-rata konsumsi energi fosil sebesar 31.039,77, dengan nilai tertinggi mencapai 175.846,9 dan nilai terendah 2.773,77. Standar deviasi sebesar 47.636,20 yang melebihi nilai rata-ratanya sendiri mengindikasikan tingkat variasi yang sangat besar dalam konsumsi energi fosil antar negara-negara ASEAN, mencerminkan perbedaan signifikan dalam skala industrialisasi dan kebutuhan energi masing-masing negara. Variabel GDPC memiliki rata-rata sebesar 24.900,91 dengan nilai tertinggi 119.927,8 dan nilai terendah 5.229,45. Standar deviasi sebesar 29.089,85 menggambarkan kesenjangan tingkat pendapatan per kapita yang besar di antara negara-negara ASEAN. Secara keseluruhan, tingginya nilai standar deviasi pada ketiga variabel mengindikasikan adanya heterogenitas yang besar antar negara ASEAN dalam hal konsumsi energi fosil, pendapatan per kapita, dan arus investasi asing langsung selama periode penelitian.

Hasil Pengujian Penelitian

Uji Stasioneritas

Pengujian stasioneritas data panel dilakukan sebagai langkah awal untuk mengetahui sifat data sebelum estimasi model dilakukan. Penelitian ini menggunakan dua metode uji akar unit panel secara bersamaan, yaitu Levin-Lin-Chu (LLC) dan Im-Pesaran-Shin (IPS). Hasil uji stasioneritas menunjukkan bahwa variabel konsumsi energi fosil (LNFOSSILC) dan pendapatan per kapita (LNGDPC) tidak stasioner pada tingkat level namun stasioner pada *first difference*, sehingga kedua variabel tersebut terintegrasi pada orde satu atau I(1). Sementara itu, variabel FDI menunjukkan hasil yang berbeda, yakni stasioner pada tingkat level atau I(0). Dengan demikian, terdapat kombinasi orde integrasi I(0) dan I(1) dalam model penelitian ini, yang menjadi justifikasi metodologis untuk pemilihan pendekatan analisis Toda-Yamamoto yang dapat diterapkan tanpa mensyaratkan keseragaman orde integrasi antar variabel (Toda & Yamamoto, 1995).

Uji Kointegrasi

Uji kointegrasi panel dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan keseimbangan jangka panjang antar variabel dalam sistem. Penelitian ini menggunakan uji kointegrasi Panel Pedroni (1999).

Tabel 3. Uji Kointegrasi Pedroni

Statistik	Prob.	Kesimpulan
Panel v-Statistic	0,0000	Ada kointegrasi ***
Panel rho-Statistic	0,0175	Ada kointegrasi **
Panel PP-Statistic	0,0000	Ada kointegrasi ***
Panel ADF-Statistic	0,0000	Ada kointegrasi ***
Group rho-Statistic	0,1340	Tidak signifikan
Group PP-Statistic	0,0000	Ada kointegrasi ***
Group ADF-Statistic	0,0000	Ada kointegrasi ***

(Sumber: Data diolah oleh peneliti, 2026)

Berdasarkan Tabel 3, uji Pedroni menghasilkan 6 dari 7 statistik yang signifikan pada taraf 1%. Hanya Group rho-Statistic yang tidak signifikan, namun hal ini lazim terjadi mengingat statistik rho dikenal sebagai yang paling lemah dalam set statistik Pedroni dan sering tidak signifikan bahkan ketika kointegrasi

sebenarnya ada (Pedroni, 1999). Dengan demikian, uji Pedroni memberikan bukti yang kuat mengenai adanya hubungan kointegrasi antar variabel, yang menjadi landasan penggunaan model ARDL PMG untuk mengestimasi hubungan jangka panjang dan jangka pendek.

Penentuan Lag Optimum

Penentuan lag optimum dilakukan menggunakan VAR Lag Order Selection Criteria. Berdasarkan hasil pengujian, *Schwarz Information Criterion* (SC) dan *Hannan-Quinn Information Criterion* (HQ) secara konsisten menunjukkan lag 1 sebagai lag optimum. Dengan mempertimbangkan bahwa SC dan HQ lebih sesuai untuk sampel dengan dimensi waktu yang terbatas ($T=20$) serta dikonfirmasi oleh stabilitas model, penelitian ini menetapkan $K=1$ sebagai lag optimum. Dalam kerangka Toda-Yamamoto (1995), lag yang digunakan dalam estimasi VAR adalah K ditambah orde integrasi maksimum ($dmax$). Mengingat orde integrasi maksimum variabel adalah $I(1)$ sehingga $dmax=1$, maka total lag yang digunakan dalam uji kausalitas Dumitrescu-Hurlin adalah 2.

Estimasi ARDL PMG

Estimasi ARDL PMG dilakukan untuk menganalisis hubungan jangka panjang dan jangka pendek antar variabel. PMG dipilih karena metode ini mengizinkan koefisien jangka pendek berbeda antar negara namun membatasi koefisien jangka panjang agar sama.

Tabel 4. Uji PMG ARDL dengan Pendapatan per Kapita sebagai Variabel Dependen

Bagian	Variabel	Koefisien	Prob.	Interpretasi
Jangka Panjang	LNFOSSILC	1,011005	0,0000 ***	Setiap +1% EF, GDP naik 1,011% LR
Jangka Pendek	D(LNFOSSILC)	0,301221	0,0160 **	Signifikan 5%
Jangka Panjang	FDI	-0,018157	0,4361	Tidak signifikan
Jangka Pendek	D(FDI)	0,003200	0,0000 ***	Signifikan 1%
Jangka Pendek	ECT	-0,097463	0,2013	Negatif tapi tidak signifikan

(Sumber: Data diolah oleh peneliti, 2026)

Hasil estimasi pada Tabel 4 menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, konsumsi energi fosil berpengaruh positif dan signifikan terhadap pendapatan per kapita pada taraf 1%. Koefisien sebesar 1,011 mengindikasikan bahwa setiap kenaikan 1% konsumsi energi fosil akan mendorong kenaikan pendapatan per kapita sebesar 1,011% dalam jangka panjang. Dalam jangka pendek, perubahan konsumsi energi fosil juga berpengaruh positif dan signifikan terhadap pendapatan per kapita dengan koefisien 0,301. Sementara itu, FDI tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap pendapatan per kapita dalam jangka panjang namun berpengaruh positif dan signifikan dalam jangka pendek dengan koefisien yang sangat kecil. Koefisien ECT bernilai negatif namun tidak signifikan secara statistik, mengindikasikan bahwa mekanisme koreksi error relatif lemah ketika pendapatan per kapita dijadikan variabel dependen.

Tabel 5. Uji PMG ARDL dengan Konsumsi Energi Fosil sebagai Variabel Dependen

Bagian	Variabel	Koefisien	Prob.	Interpretasi
Jangka Panjang	LNGDPC	0,909802	0,0000 ***	Setiap +1% GDP, EF naik 0,910% LR
Jangka Pendek	D(LNGDPC)	0,951890	0,0070 ***	Respons EF hampir 1:1
Jangka Panjang	LFDI	0,039241	0,0026 ***	FDI dorong konsumsi EF LR
Jangka Pendek	D(LFDI)	-0,001947	0,5576	Tidak signifikan
Jangka Pendek	ECT	-0,198173	0,0935 *	Signifikan 10%, koreksi 19,8%/tahun

(Sumber: Data diolah oleh peneliti, 2026)

Tabel 5 menunjukkan bahwa pendapatan per kapita berpengaruh positif dan signifikan terhadap

konsumsi energi fosil pada taraf 1%, dengan koefisien 0,910 yang mengindikasikan bahwa setiap kenaikan 1% GDP per kapita mendorong kenaikan konsumsi energi fosil sebesar 0,910% dalam jangka panjang. Dalam jangka pendek, perubahan GDP berpengaruh positif dan sangat signifikan dengan koefisien 0,952. FDI juga menunjukkan pengaruh positif dan signifikan terhadap konsumsi energi fosil dalam jangka panjang dengan koefisien 0,039, namun tidak signifikan dalam jangka pendek. Koefisien ECT sebesar -0,198 signifikan pada taraf 10%, menunjukkan bahwa sekitar 19,8% ketidakseimbangan antara konsumsi energi fosil aktual dan keseimbangannya terkoreksi setiap tahun.

Uji Kausalitas Dumitrescu-Hurlin dalam Framework Toda-Yamamoto

Uji kausalitas panel dilakukan menggunakan metode Dumitrescu-Hurlin (2012) yang diintegrasikan dalam kerangka Toda-Yamamoto (1995). Dengan lag optimum $K=1$ dan $dmax=1$, total lag yang digunakan adalah 2.

Tabel 6. Hasil Uji Kausalitas Granger

Hipotesis Nol	W-Stat	Zbar-Stat	Prob.	Keputusan
LNFOSSILC tidak menyebabkan LFDI	6,70563	3,74398	0,0002 ***	Tolak H ₀ — Ada kausalitas
LFDI tidak menyebabkan LNFOSSILC	1,85229	-0,44092	0,6593	Terima H ₀
LNGDPC tidak menyebabkan LFDI	7,13668	4,11567	0,0000 ***	Tolak H ₀ — Ada kausalitas
LFDI tidak menyebabkan LNGDPC	2,39561	0,02757	0,9780	Terima H ₀
LNGDPC tidak menyebabkan LNFOSSILC	4,89351	2,18144	0,0292 **	Tolak H ₀ — Ada kausalitas
LNFOSSILC tidak menyebabkan LNGDPC	1,02451	-1,15469	0,2482	Terima H ₀

(Sumber: Data diolah oleh peneliti, 2026)

Hasil pengujian pada Tabel 6 menunjukkan tiga hubungan kausalitas yang signifikan, seluruhnya bersifat satu arah (*unidirectional causality*). Pola kausalitas yang ditemukan menunjukkan bahwa pendapatan per kapita (LNGDPC) menyebabkan FDI (LFDI) dan konsumsi energi fosil (LNFOSSILC), serta konsumsi energi fosil menyebabkan FDI. Secara keseluruhan, FDI berperan sebagai *pure recipient* dalam sistem hubungan kausalitas di negara-negara ASEAN, yang dipengaruhi oleh kondisi ekonomi dan ketersediaan energi fosil, namun tidak memberikan umpan balik yang signifikan terhadap keduanya dalam periode penelitian ini.

Pembahasan

Hubungan Kausalitas antara Konsumsi Energi Fosil dan Pendapatan per Kapita

Hasil pengujian kausalitas menunjukkan bahwa pendapatan per kapita menyebabkan konsumsi energi fosil di enam negara ASEAN selama periode 2005–2024, dengan nilai probabilitas 0,0292, sementara arah sebaliknya tidak signifikan. Pola kausalitas ini dapat dijelaskan oleh karakteristik pembangunan ekonomi kawasan ASEAN, di mana pendapatan per kapita yang tinggi didorong oleh ekspansi sektor industri manufaktur, urbanisasi yang cepat, motorisasi transportasi, serta perluasan akses listrik yang seluruhnya meningkatkan permintaan energi fosil sebagai sumber energi utama. Indonesia dan Vietnam, misalnya, mengalami industrialisasi yang pesat dengan bauran energi yang masih didominasi batu bara dan minyak bumi, sementara pertumbuhan kelas menengah di seluruh kawasan mendorong konsumsi energi rumah tangga dan transportasi. Hasil penelitian ini sejalan dengan Yildirim et al. (2014) dan Munir & Smyth (2020) yang menemukan kausalitas satu arah dari GDP terhadap konsumsi energi di Indonesia,

Malaysia, dan Thailand.

Hubungan Kausalitas antara Konsumsi Energi Fosil dan FDI

Hasil pengujian menunjukkan bahwa konsumsi energi fosil menyebabkan FDI di kawasan ASEAN dengan probabilitas 0,0002, sementara arah sebaliknya tidak signifikan. Temuan ini mencerminkan struktur FDI yang masuk ke ASEAN, yang sebagian besar terkonsentrasi pada sektor manufaktur, pengolahan, dan infrastruktur yang padat energi. Negara-negara ASEAN dengan konsumsi energi fosil tinggi umumnya juga merupakan negara dengan basis industri yang besar dan jaringan pasokan energi yang mapan, yang menjadi pertimbangan investor sebelum menanamkan modal. Temuan ini mendukung *Pollution Haven Hypothesis*, yang menyatakan bahwa perusahaan multinasional cenderung merelokasi aktivitas produksi yang padat energi dan padat emisi ke negara-negara dengan regulasi lingkungan yang lebih longgar dan biaya energi yang lebih rendah. Hasil serupa ditemukan oleh Lu et al. (2021) pada panel negara-negara *Belt and Road Initiative*.

Hubungan Kausalitas antara Pendapatan per Kapita dan FDI

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pendapatan per kapita menyebabkan FDI dengan probabilitas 0,0000, yang merupakan hubungan kausalitas paling kuat di antara seluruh pasangan variabel, sementara arah sebaliknya tidak signifikan (prob. 0,9780). Temuan ini konsisten dengan teori eklektik OLI Dunning (1981), khususnya dimensi *location advantage*, yang menyatakan bahwa keputusan perusahaan multinasional untuk berinvestasi di suatu negara ditentukan oleh keunggulan lokasi, di mana ukuran dan pertumbuhan pasar merupakan komponen utama keunggulan lokasi bagi FDI yang bermotif mencari pasar (*market-seeking FDI*). Pendapatan per kapita yang tinggi mencerminkan daya beli yang meningkat dan prospek pasar yang menjanjikan, sehingga menarik aliran investasi asing masuk ke kawasan. Hasil penelitian ini diperkuat oleh Noor (2024) yang menemukan kausalitas satu arah dari GDP menuju FDI. Tidak adanya kausalitas balik dari FDI ke GDP mengindikasikan bahwa dalam konteks ASEAN periode 2005–2024, FDI belum terbukti secara signifikan mendorong pendapatan per kapita.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan mengenai analisis kausalitas antara konsumsi energi fosil, pendapatan per kapita, dan FDI di negara-negara ASEAN, kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut.

Terdapat kausalitas satu arah dari konsumsi energi fosil menuju *Foreign Direct Investment* di negara-negara kawasan ASEAN periode 2005–2024. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi energi fosil berpotensi meningkatkan masuknya investasi asing langsung, sementara arus FDI tidak terbukti memengaruhi konsumsi energi fosil secara signifikan. Temuan ini mengindikasikan bahwa profil energi suatu negara, terutama ketersediaan energi fosil yang melimpah dan murah, menjadi salah satu pertimbangan penting bagi investor asing dalam menentukan lokasi investasi, khususnya pada sektor-sektor padat energi.

Terdapat kausalitas satu arah dari pendapatan per kapita menuju *Foreign Direct Investment* di negara-negara kawasan ASEAN periode 2005–2024. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan pendapatan per kapita berpotensi meningkatkan masuknya investasi asing langsung, sementara arus FDI tidak terbukti memengaruhi pendapatan per kapita secara signifikan. Temuan ini mencerminkan bahwa pertumbuhan

ekonomi dan daya beli masyarakat yang meningkat menciptakan iklim investasi yang lebih menarik bagi investor asing, namun efektivitas FDI dalam mendorong pertumbuhan ekonomi di kawasan ASEAN masih belum terkonfirmasi secara empiris.

Terdapat kausalitas satu arah dari pendapatan per kapita menuju konsumsi energi fosil di negara-negara kawasan ASEAN periode 2005–2024. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan pendapatan per kapita berpotensi meningkatkan konsumsi energi fosil, sementara konsumsi energi fosil tidak terbukti memengaruhi pendapatan per kapita secara signifikan. Temuan ini mendukung hipotesis bahwa energi berperan sebagai input turunan dari aktivitas ekonomi, di mana pertumbuhan ekonomi mendorong peningkatan permintaan energi, bukan sebaliknya. Dengan demikian, upaya transisi energi menuju sumber energi terbarukan di kawasan ASEAN dapat dilakukan tanpa mengorbankan pertumbuhan pendapatan per kapita.

DAFTAR PUSTAKA

- Agu, S. C., Onu, F. U., Ezemagu, U. K., & Oden, D. (2022). Predicting gross domestic product to macroeconomic indicators. *Intelligent Systems with Applications*, 14, 82. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2022.20>
- Ali, M., Xiaoying, L., Mehmood, S., Khan, M. A., & Oláh, J. (2025). Assessing the impact of FDI, CO2 emissions, economic growth, and income inequality on renewable energy consumption in Asia. *Energy Strategy Reviews*, 58. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101653>
- Amalia Noor, A., & Amalia, F. (2024). *Analisis hubungan kausalitas foreign direct investment (FDI), ekspor, konsumsi, pengeluaran pemerintah, dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia tahun 1997–2022*. [Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta].
- Andriansyah, A., & Messinis, G. (2019). The role of institutions in the FDI-growth nexus: Evidence from developing countries. *Journal of Economic Studies*, 46(2), 345-362.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Energy consumption and growth in South America. *Energy Economics*, 32(6), 1421-1426.
- Bashir, M. F. (2022). Discovering the evolution of Pollution Haven Hypothesis: A literature review and future research agenda. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(32), 48210-48232. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20782-1>
- Belloumi, M., & Alshehry, A. S. (2018). The impact of FDI on economic growth in Saudi Arabia. *Journal of Economics and Development*, 20(1), 45-62.
- Bolang, R. T. C. (2022). Kausalitas investasi asing langsung dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia tahun 1981-2021: Pendekatan Granger causality test. *Research Journal of Accounting and Business Management*, 6(2), 212-225.
- Castellano, S., Maalaoui, A., Safraou, I., & Reymond, E. (2014). Linking intuition and entrepreneurial intention: A comparative study among French and US student entrepreneurs. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, 18(1), 23-44. <https://doi.org/10.1504/IJEIM.2014.062787>
- Darwanto, D., Woyanti, N., Budi, S. P., Sasana, H., & Ghozali, I. (2019). The damaging growth: An empiric evidence of environmental Kuznets curve in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(5), 339-345. <https://doi.org/10.32479/ijeep.7816>
- Dunning, J. H. (1981). *International production and the multinational enterprise*. George Allen & Unwin.
- El-Shafie, M., & Kambara, S. (2022). Recent advances in ammonia synthesis technologies: Toward future zero carbon emissions. *Energies*, 15(3), 1120.
- Febrianto Wilil, O., M Engka, D. S., Ch P Lapian, A. L., Ekonomi Pembangunan, J., & Ekonomi dan Bisnis, F. (2025). Pengaruh foreign direct investment (FDI), inflasi, dan pengangguran terhadap

- pertumbuhan ekonomi di Indonesia tahun 2008-2024. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 25(1), 45-58.
- Fei, L., Dong, S., Xue, L., Liang, Q., & Yang, W. (2011). Energy consumption-economic growth relationship and carbon dioxide emissions in China. *Energy Policy*, 39(2), 568-574. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.10.025>
- Fiannurizki, P. Y. (2024). Hubungan antara pendapatan, konsumsi energi, FDI, perdagangan, pariwisata, dan lingkungan: Analisis data 5 negara ASEAN. *Jurnal Dinamika Ekonomi Pembangunan*, 7(1), 25-34. <https://doi.org/10.33005/jdep.v7i1.480>
- Gershon, O., Asafo, J. K., Nyarko-Asomani, A., & Koranteng, E. F. (2024). Investigating the nexus of energy consumption, economic growth and carbon emissions in selected African countries. *Energy Strategy Reviews*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101269>
- Giartikasari, G., & Indah Nikensari, S. (2022). Causal relationship between renewable energy consumption, economic welfare, and foreign direct investment in 6 ASEAN countries. *Jurnal Pendidikan Ekonomi, Perkantoran dan Akuntansi*, 7(1), 15-28. <https://doi.org/10.21009/JPEPA.007.x.x>
- Indriawati, R. M., Theola, S., & Kbarek, I. (2025). Investasi asing langsung sebagai katalis pertumbuhan ekonomi di Indonesia: Studi komprehensif. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, 10(2), 89-105.
- Insani, N. F. N., & Robertus, M. H. (2024). Analisis environmental Kuznets curve pada PDRB sektoral terhadap emisi gas rumah kaca di Provinsi Jawa Timur tahun 1990-2022. *Diponegoro Journal of Economics*, 13(3), 9-21. <https://doi.org/10.14710/djoe.45139>
- Juliani, R., Rahmayani, D., Akmala, N. T., Janah, L. F., & Semarang, U. N. (2021). Analisis kausalitas pariwisata, konsumsi energi fosil, pertumbuhan ekonomi dan emisi CO₂ di Indonesia. *JDEP*, 4(2), 112-128.
- Khan, S. N., Munir, N., Abdullah, N. N., Alhebri, A., Antohi, V. M., Fortea, C., Zlati, M. L., & Breaz, T. O. (2026). Green growth, globalization and financial expansion in BRICS: PMG-ARDL insights for economic development. *International Review of Economics and Finance*, 108. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2026.105235>
- Korra Herdyanti, M. (2021). Analisis kausalitas konsumsi energi terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. *Jurnal Petro*, 10(1), 45-58.
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, 3(2), 401-403.
- Leal, P. H., & Marques, A. C. (2022). The evolution of the environmental Kuznets curve hypothesis assessment: A literature review under a critical analysis perspective. *Heliyon*, 8(11), e11521. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11521>
- Lee, C. Y. (2019). Foreign direct investment in ASEAN and its policy challenges. In *Financial Cooperation in East Asia* (pp. 45-68). S. Rajaratnam School of International Studies.
- Li, B., & Haneklaus, N. (2022). The role of clean energy, fossil fuel consumption and trade openness for carbon neutrality in China. *Energy Reports*, 8, 1090-1098. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.02.092>
- Li, W., Yu, X., Hu, N., Huang, F., Wang, J., & Peng, Q. (2022). Study on the relationship between fossil energy consumption and carbon emission in Sichuan Province. *Energy Reports*, 8, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.112>
- Lu, J., Imran, M., Haseeb, A., Saud, S., Wu, M., Siddiqui, F., & Khan, M. J. (2021). Nexus between financial development, FDI, globalization, energy consumption and environment: Evidence from BRI countries. *Frontiers in Energy Research*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.707590>
- Mazwan, M. Z., & Tain, A. (2024). Analisis environmental Kuznets curve (Menyeimbangkan industri hijau dan degradasi lingkungan di Indonesia). *Jurnal Ilmiah Membangun Desa dan Pertanian*, 9(6), 561-572. <https://doi.org/10.37149/jimdp.v9i6.1627>
- Moftah, M., & Dilek, O. (2021). Energy consumption, economic growth and CO₂ emissions in MENA countries: A panel causality analysis. *Journal of Economic Cooperation and Development*, 42(3),

- 45-68.
- Munir, Q., & Smyth, R. (2020). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries: A cross-sectional dependence approach. *Energy Economics*, 88, 104774.
- Mwakabungu, B. H. P., & Kauangal, J. (2023). An empirical analysis of the relationship between FDI and economic growth in Tanzania. *Cogent Economics and Finance*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23322039.2023.2204606>
- Nkalu, C. N., Edeh, C. N., & Ugwu, C. P. (2020). Foreign direct investment and economic growth in Africa: A panel VECM analysis. *Journal of Economics and Development*, 22(1), 45-62.
- Noor, A. (2024). Analisis hubungan kausalitas foreign direct investment (FDI), ekspor, konsumsi, pengeluaran pemerintah, dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia tahun 1997–2022. *Jurnal Ekonomi Indonesia*, 13(1), 78-95.
- Nugroho, I. L. (2021). *Analisis kausalitas antara FDI dan ekspor terhadap pertumbuhan ekonomi negara ASEAN tahun 2010-2019*. [Skripsi, Universitas Islam Indonesia].
- Nupehewa, S., Liyanage, S., Polkotuwa, D., Thiyagarajah, M., Jayathilaka, R., & Lokeshwara, A. (2022). More than just investment: Causality analysis between foreign direct investment and economic growth. *PLoS ONE*, 17(11), e0276621. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276621>
- Nur Mozahid, M., Akter, S., & Hafiz Iqbal, M. (2022). Causality analysis of CO2 emissions, foreign direct investment, gross domestic product, and energy consumption: Empirical evidence from South Asian Association for Regional Cooperation (SAARC) countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(43), 65684-65698. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20362-3>
- Nyamando, Y., & Andrian, T. (2025). Analisis faktor-faktor yang memengaruhi foreign direct investment tingkat provinsi di Indonesia. *E-Journal Field of Economics, Business, and Entrepreneurship (EFEBE)*, 3(3), 45-62. <https://doi.org/10.23960/efebe.v3i3.274>
- Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy–growth nexus. *Energy Policy*, 38(1), 340-349.
- Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2011). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy consumption, FDI and GDP: Evidence from a panel of BRIC countries. *Energy*, 36(1), 685-693. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.041>
- Payne, J. E. (2010). Survey of the international evidence on the causal relationship between energy consumption and growth. *Journal of Economic Studies*, 37(1), 53-95.
- Purnawati, I. G. A., & Yuniarta, G. A. (2023). *Ekonomi makro teori dan kebijakan* (3rd ed.). Rajawali Pers.
- Rahmawati, A., & Robertus, M. H. (2023). Pengaruh konsumsi listrik, pertumbuhan ekonomi, industrialisasi, dan keterbukaan perdagangan terhadap emisi CO2 di Indonesia tahun 1983-2019. *Diponegoro Journal of Economics*, 12(3), 13-21. <https://doi.org/10.14710/djoe.39536>
- Reneri Arista, T., & Amar, S. (2019). Analisis kausalitas emisi CO2, konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi, dan modal manusia di ASEAN. *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik*, 10(2), 89-105.
- Sadekin, M. N. (2025). Relationship among tourism, FDI, and economic growth in Bangladesh. *Discover Sustainability*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00874-x>
- Sahir, S. H. (2022). *Metodologi penelitian*. Kencana.
- Sankaran, A., Kumar, S., & Sharma, M. (2019). Energy consumption and economic growth in India: An empirical analysis using ARDL bounds testing approach. *Energy Economics*, 80, 456-468.
- Santana, F. R., & Maria, N. S. B. (2024). Determinan emisi CO2 pada negara anggota ASEAN tahun 2015-2022. *Diponegoro Journal of Economics*, 13(2), 53-68. <https://doi.org/10.14710/djoe.44589>
- Schleussner, C. F., Ganti, G., Rogelj, J., & Gidden, M. J. (2022). An emission pathway classification reflecting the Paris Agreement climate objectives. *Communications Earth and Environment*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00467-w>
- Septyani, D., & Hartati, S. (2024). Konsumsi energi fosil terhadap pertumbuhan ekonomi. *Journal of Economic, Business and Accounting*, 7(2), 112-128.
- Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari energi fosil menuju energi terbarukan: Potret kondisi minyak dan gas bumi Indonesia tahun 2020–2050. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 2(3), 154-

162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>
- Shakeel, M., & Ahmed, A. (2021). Energy consumption and economic growth in South Asian countries: A panel cointegration analysis. *Energy Reports*, 7, 456-468.
- Shinwari, R., Wang, Y., Gozgor, G., & Mousavi, M. (2024). Does FDI affect energy consumption in the belt and road initiative economies? The role of green technologies. *Energy Economics*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107409>
- Singh, S., Kiran, B. R., & Mohan, S. V. (2024). Carbon farming: A circular framework to augment CO2 sinks and to combat climate change. *Environmental Science: Advances*, 3(4), 522-542. <https://doi.org/10.1039/d3va00296a>
- Sotiropoulou, A., Tsionas, M., & Tzeremes, N. (2023). Energy consumption and economic growth in the EU: A panel causality analysis. *Energy Economics*, 118, 106-120.
- Sugiyono. (2013). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sukirno, S. (1994). *Teori ekonomi makro*. Rajawali Pers.
- Sukirno, S. (2022). *Makroekonomi teori pengantar* (27th ed.). Rajawali Pers.
- Tijjani Usman, I. M., Ho, Y. C., Baloo, L., Lam, M. K., & Sujarwo, W. (2022). A comprehensive review on the advances of bioproducts from biomass towards meeting net zero carbon emissions (NZCE). *Bioresource Technology*, 366. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128167>
- Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250.
- Triatmanto, B., Bawono, S., & Wahyuni, N. (2023). The contribution and influence of total external debt, FDI, and HCI on economic growth in Indonesia, Thailand, Vietnam, and Philippines. *Research in Globalization*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2023.100163>
- UNFCCC. (2015). *Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Wang, J., & Azam, W. (2024). Natural resource scarcity, fossil fuel energy consumption, and total greenhouse gas emissions in top emitting countries. *Geoscience Frontiers*, 15(2). <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101757>
- Whilla Saputra, A., & Indira Hasmarini, M. (2025). Apakah foreign direct investment dan pertumbuhan ekonomi menyebabkan emisi karbon di Indonesia? *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan*, 8(1), 45-62.
- Xuan, V. N. (2026). The nexus between fossil fuels, FDI, economic growth, carbon dioxide emissions, and renewable energy: The case of Hong Kong. *International Journal of Energy Research*, 2026(1). <https://doi.org/10.1155/er/5534810>
- Yildirim, E., Aslan, A., & Ozturk, I. (2014). Energy consumption and GDP in ASEAN countries: Bootstrap-corrected panel and time series causality tests. *Singapore Economic Review*, 59(2). <https://doi.org/10.1142/S0217590814500106>
- Yona, O., Ningsih, R. B., & Aqualdo, N. (2015). Pengaruh pertumbuhan ekonomi dan penduduk terhadap konsumsi energi di Indonesia. *Jom FEKON*, 2(2), 45-58.
- Yunianto Dwi. (2021). Analisis pertumbuhan dan kepadatan penduduk terhadap pertumbuhan ekonomi. *Forum Ekonomi*, 23(4), 687-698.