

Pengaruh Urbanisasi, Keterbukaan Perdagangan, Pertumbuhan Ekonomi, dan Pendidikan terhadap Konsumsi Energi Terbarukan di ASEAN-5

Nurul Sa'adah¹, Amelia Choya Tia Rosalia²

Fakultas Ekonomika dan Bisnis, Universitas Negeri Semarang
nurulsaadah02@students.unnes.ac.id¹, ameliachoya@mail.unnes.ac.id²

ABSTRACT

Reducing dependence on fossil fuels has become a global urgency in response to climate change. Renewable energy is seen as a sustainable alternative, but the social and economic determinants that influence its consumption in developing countries, particularly in ASEAN, have not yet been fully explored. This study aims to analyze the influence of urbanization, trade openness, economic growth, and education on renewable energy consumption in five ASEAN countries (Indonesia, Malaysia, Philippines, Thailand, and Vietnam) during the period 1990–2021. Secondary data were obtained from the World Bank and UNDP and analyzed using a quantitative approach through panel data regression with Fixed Effect Model (FEM) approach using EViews 12 software. The estimation results show that urbanization has a positive and significant effect, where a 1% increase in urbanization increases renewable energy consumption by 0.33%. Conversely, trade openness and economic growth exhibit negative and significant effects, a 1% increase in each reduces renewable energy consumption by 0.10% and 11.95%, respectively. Education, although negatively oriented, does not show a significant effect. These findings indicate that urbanization promotes clean energy adoption through efficiency and infrastructure modernization, while current economic growth and trade orientations have yet to support the energy transition. The study highlights the need for low-carbon economic strategies, better utilization of urbanization, and integration of energy education into long-term policies across ASEAN-5.

Keywords: Renewable energy; Urbanization; Trade; Economic growth; Education index; Panel data

ABSTRAK

Pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil menjadi urgensi global dalam merespons perubahan iklim. Energi terbarukan dipandang sebagai alternatif berkelanjutan, namun determinan sosial dan ekonomi yang memengaruhi konsumsinya di negara berkembang, khususnya ASEAN, masih belum banyak dieksplorasi secara menyeluruh. Studi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh urbanisasi, keterbukaan perdagangan, pertumbuhan ekonomi, dan pendidikan terhadap konsumsi energi terbarukan di lima negara ASEAN (Indonesia, Malaysia, Filipina, Thailand, dan Vietnam) selama periode 1990–2021. Data sekunder diperoleh dari World Bank dan UNDP, dan dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif melalui regresi data panel dengan pendekatan *Fixed Effect Model (FEM)* menggunakan perangkat lunak EViews 12. Hasil estimasi menunjukkan bahwa urbanisasi berpengaruh positif dan signifikan, di mana peningkatan urbanisasi sebesar 1% meningkatkan konsumsi energi terbarukan sebesar 0,33%. Sebaliknya, keterbukaan perdagangan dan pertumbuhan ekonomi menunjukkan pengaruh negatif dan signifikan,

peningkatan masing-masing sebesar 1% menurunkan konsumsi energi terbarukan sebesar 0,10% dan 11,95%. Pendidikan, meskipun memiliki arah negatif, tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa urbanisasi mendorong adopsi energi bersih melalui efisiensi dan modernisasi, sementara pertumbuhan ekonomi dan perdagangan belum mendukung transisi energi. Studi ini menekankan perlunya strategi ekonomi rendah karbon, pemanfaatan urbanisasi, dan integrasi pendidikan energi dalam kebijakan jangka panjang di ASEAN-5.

Kata kunci: Energi terbarukan; Urbanisasi; Perdagangan; Pertumbuhan Ekonomi; Indeks Pendidikan; data panel

PENDAHULUAN

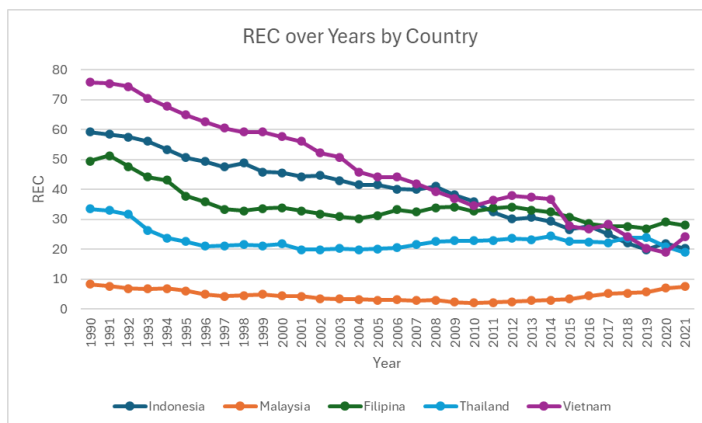
Perubahan iklim dan pemanasan global telah menjadi isu lingkungan paling mendesak dalam agenda pembangunan berkelanjutan pada abad ke-21. Peningkatan emisi gas rumah kaca, khususnya karbon dioksida, telah mengganggu sistem iklim bumi dan memicu kenaikan suhu global, ketidakpastian pola cuaca, serta meningkatnya frekuensi dan intensitas fenomena ekstrem (Gyimah et al., 2024). Kondisi ini menjadi tantangan besar bagi negara-negara di dunia dalam menyeimbangkan pertumbuhan ekonomi dengan keberlanjutan lingkungan. Dalam upaya menjawab tantangan tersebut, pertumbuhan ekonomi hijau dipandang sebagai pendekatan kunci karena tidak hanya menekankan perlindungan lingkungan, tetapi juga mendorong pencapaian pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan (Li et al., 2022). Pemanfaatan energi merupakan elemen krusial dalam mendukung aktivitas ekonomi dan operasional suatu negara. Pertumbuhan ekonomi pada dasarnya sangat bergantung pada ketersediaan dan pemanfaatan energi sebagai salah satu faktor utama dalam proses produksi (Sarkhanov & Muradzada, 2023).

Transisi menuju energi terbarukan menjadi agenda strategis global dalam menghadapi krisis iklim dan ketergantungan jangka panjang terhadap bahan bakar fosil. Energi terbarukan adalah jenis energi non fosil, yang merujuk pada energi yang berasal dari proses alamiah dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan (Huseynli, 2024). Energi ini diperoleh dari sumber daya yang dapat diperbarui secara berkelanjutan, seperti sinar matahari, angin, dan biogas. Dibandingkan dengan energi fosil tradisional, energi terbarukan secara signifikan berbeda dalam teknologi teoritis, biaya pemanfaatan, dampak lingkungan, dan metode pengelolaan (Zhang et al., 2021). Pemanfaatan energi terbarukan semakin penting seiring meningkatnya tekanan terhadap lingkungan serta risiko ketergantungan jangka panjang terhadap energi fosil.

Energi terbarukan dikenal sebagai alternatif yang ramah lingkungan karena mampu mengurangi emisi karbon dioksida sekaligus mendukung kelestarian lingkungan hidup. Sementara, bahan bakar fosil secara teoritis dapat terbentuk kembali secara alami namun proses regenerasinya memerlukan waktu yang sangat panjang, sehingga tidak dapat diandalkan sebagai sumber energi jangka panjang

(Guris et al., 2020). Ketergantungan yang terus-menerus terhadap energi konvensional telah memicu berbagai persoalan global, seperti ketidakpastian pasokan energi, gejolak harga, keterbatasan ketersediaan sumber daya tak terbarukan seperti batu bara, gas, dan minyak bumi, serta tren kenaikan suhu rata-rata global yang semakin mengkhawatirkan (Rehman et al., 2022).

Menyadari tingginya permintaan energi, ASEAN telah menetapkan target ambisius untuk memenuhi 23% dari total pasokan energi primernya melalui sumber energi terbarukan pada tahun 2025, dengan proyeksi bahwa kebutuhan energi kawasan akan meningkat sebesar 50% (Renewable Energy Agency, 2023). Target ini dipandang krusial dalam menurunkan tingkat pencemaran lingkungan, khususnya emisi karbon yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Namun demikian, tren adopsi energi terbarukan di kawasan ASEAN masih belum menunjukkan kemajuan yang konsisten, sebagaimana dapat dilihat dalam gambar 1, yang menunjukkan penurunan persentase konsumsi energi terbarukan di lima negara anggota ASEAN.



Gambar 1. Konsumsi Energi Terbarukan ASEAN Tahun 1990-2021

Sumber: World Bank diolah, 2025

Data dari World Bank menunjukkan bahwa konsumsi energi terbarukan di ASEAN-5 mengalami tren penurunan yang konsisten selama tiga dekade terakhir, meskipun kawasan ini dikenal memiliki potensi sumber daya energi terbarukan yang melimpah. Vietnam, yang awalnya mencatat tingkat konsumsi tertinggi sebesar 75,9% pada tahun 1990, turun drastis menjadi 24,2% pada tahun 2021. Indonesia mengalami penurunan serupa, dari 59,2% menjadi 20,2% dalam periode yang sama. Filipina dan Thailand menunjukkan tren penurunan yang lebih moderat, masing-masing dari 49,5% ke 28%, dan dari 33,5% ke 19%. Sementara itu, Malaysia secara konsisten mencatat tingkat konsumsi energi terbarukan paling rendah yaitu 7,5% pada 2021. Penurunan ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan ekonomi dan industrialisasi di kawasan ASEAN belum disertai dengan transisi energi yang memadai, dan bahwa ketergantungan terhadap energi fosil tetap mendominasi sistem energi nasional. Fakta ini menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi dan realisasi energi terbarukan, serta menegaskan perlunya analisis lebih lanjut

terhadap faktor-faktor struktural yang menghambat peningkatan konsumsi energi bersih di kawasan ini.

Pertumbuhan ekonomi ASEAN yang konsisten, disertai dengan akumulasi Produk Domestik Bruto (PDB) yang tinggi, telah menarik perhatian global terhadap pasar ekonominya. Dalam laporan ASEAN Centre for Energy (2021), pertumbuhan ekonomi ASEAN merupakan salah satu yang paling dinamis dan tercepat di dunia. ASEAN merupakan salah satu tujuan investasi yang paling diminati di dunia, dan ekonomi kawasan ini diperkirakan akan tumbuh lebih dari 5% per tahun dan menjadi ekonomi terbesar ke-4 di dunia pada tahun 2030. Seiring dengan perkembangan masyarakat, pertumbuhan ekonomi yang kuat akan meningkatkan pendapatan, sehingga meningkatkan permintaan energi (Wang et al., 2022), dan pembangunan berkelanjutan sangat bergantung pada pasokan energi yang memadai (Rehman et al., 2022). Peningkatan PDB akan meningkatkan konsumsi energi terbarukan, atau dengan kata lain, produktivitas agregat akan meningkatkan konsumsi energi terbarukan.

Tabel 1. Dataset ASEAN Tahun 1990, 2005, dan 2021

Tahun	Populasi perkotaan (% terhadap total penduduk)			Perdagangan Internasional (% terhadap PDB)			PDB Per Kapita (US\$ saat ini)		
	1990	2005	2021	1990	2005	2021	1990	2005	2021
Indonesia	30,584	45,942	57,29	52,8919	63,9879	40,2048	578,420	1238,214	4287,173
Malaysia	49,794	66,594	77,696	146,888	203,855	134,036	2468,691	5555,582	10903,112
Filipina	46,986	45,71	47,684	42,9224	83,8457	63,4846	803,573	1220,460	3484,386
Thailand	29,424	37,411	52,163	75,7824	137,854	117,145	1559,112	2867,704	7058,069
Vietnam	20,257	27,281	38,052	81,3157	130,715	186,676	98,798	710,747	3704,194
Tahun	Indeks Pendidikan			Konsumsi Energi Terbarukan (% dari total konsumsi energi akhir)					
	1990	2005	2021	1990	2005	2021			
Indonesia	0,38942	0,55617	0,67346	59,2	41,6	20,2			
Malaysia	0,49589	0,59587	0,71749	8,3	3	7,5			
Filipina	0,53747	0,61061	0,65412	49,5	31,3	28			
Thailand	0,39363	0,61332	0,72731	33,5	20,1	19			
Vietnam	0,35026	0,55991	0,64442	75,9	44,1	24,2			

Sumber: Diolah Penulis, 2025

Tabel 1. menunjukkan pada lima negara ASEAN ini mengalami peningkatan persentase total penduduk perkotaan yang tajam. Filipina, salah satu negara dengan laju urbanisasi tercepat di ASEAN, mengalami peningkatan persentase penduduk perkotaan dari 46,9% pada 1990 menjadi 47,7% pada 2021. Namun, konsumsi energi terbarukan justru menurun dari 49,5% menjadi 28% pada periode yang sama. Menurut World Bank (2017), masalah tata kelola perkotaan dan rendahnya investasi dalam infrastruktur menjadi hambatan utama dalam mewujudkan sistem energi yang lebih berkelanjutan. Beberapa penelitian terdahulu menemukan bahwa urbanisasi berpengaruh negatif terhadap konsumsi energi terbarukan, salah satunya adalah Yang et al. (2016) menemukan temuan yang bertentangan, kontribusi urbanisasi berbeda-beda pada setiap tahapan pertumbuhan konsumsi energi terbarukan di China, dan secara keseluruhan, urbanisasi lebih banyak mendorong peningkatan konsumsi energi total dibandingkan energi terbarukan. Namun, temuan yang berbeda oleh Mohamed Yusoff et al. (2023) dan Kumaran et al. (2020) menunjukkan bahwa urbanisasi berpengaruh positif terhadap konsumsi energi terbarukan.

Studi yang dilakukan di 116 negara dan negara-negara OECD dalam waktu yang berbeda oleh Su et al. (2022), Zhang et al. (2021), dan Alam & Murad (2020) menemukan bahwa keterbukaan perdagangan, khususnya melalui ekspor dan total perdagangan, berpengaruh positif terhadap konsumsi energi terbarukan. Peningkatan ekspor mendorong pertumbuhan ekonomi, yang pada akhirnya meningkatkan kebutuhan energi. Karena adanya tekanan untuk mengurangi emisi karbon, peningkatan kebutuhan energi ini cenderung dipenuhi melalui sumber energi bersih seperti energi terbarukan. Perdagangan internasional, khususnya melalui ekspansi ekspor industri, mendorong peningkatan permintaan energi akibat meningkatnya aktivitas produksi. Di samping itu, efek pendapatan juga menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan tingginya konsumsi energi, terutama sebagai akibat dari liberalisasi perdagangan karena perdagangan berkontribusi pada peningkatan pendapatan masyarakat, yang mendorong penggunaan peralatan teknologi tambahan yang memerlukan konsumsi energi yang lebih besar (han et al., 2022).

Pendidikan merupakan salah satu faktor sosial yang berkontribusi terhadap pengembangan energi terbarukan. Penelitian yang dilakukan oleh Lu et al. (2023) di China mengungkap bahwa, pendidikan berperan signifikan dalam memengaruhi permintaan terhadap energi terbarukan. Melalui peningkatan pengetahuan dan pemahaman masyarakat mengenai sumber energi terbarukan, pendidikan menjadi faktor penting dalam mendukung perumusan kebijakan energi (Wang et al., 2022). Dalam konteks ini, pendidikan menjadi faktor pendukung yang tidak dapat diabaikan. Sebagaimana disoroti oleh Lu et al. (2023), peningkatan pendidikan memiliki potensi besar dalam memperkuat kesadaran dan kapasitas masyarakat dalam mendukung kebijakan energi hijau. Tabel 1, menunjukkan tren Indeks Pendidikan di ASEAN dari tahun 1990 sampai dengan 2021 mengalami peningkatan.

Pendidikan berperan penting dalam membentuk kesadaran lingkungan, terutama setelah pendapatan masyarakat mencapai tingkat yang mendorong perubahan pola pikir. Kesadaran ini tidak muncul otomatis, tetapi melalui proses pendidikan yang membantu individu memahami dampak aktivitas ekonomi terhadap lingkungan. Pendidikan juga meningkatkan kapasitas masyarakat dalam menilai risiko dan menuntut regulasi lingkungan yang lebih kuat, menjadikannya katalis pembentukan kesadaran kolektif. Kemitraan antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat sipil diperlukan untuk membangun literasi lingkungan, yang dapat diperkuat melalui integrasi isu keberlanjutan dalam kurikulum sekolah, seperti efisiensi energi dan pelestarian lingkungan (Zafar et al., 2020).

Urbanisasi dapat mempercepat penggunaan teknologi energi bersih karena tingginya konsentrasi penduduk mendorong efisiensi dan kebutuhan akan infrastruktur yang lebih modern. Perdagangan mendorong difusi teknologi hijau lintas negara dan memperkenalkan standar lingkungan global. Pendidikan, sebagaimana ditegaskan oleh Wang et al. (2022) berkontribusi dalam meningkatkan kesadaran lingkungan, membentuk perilaku konsumsi, dan menciptakan tenaga kerja

yang mampu mengelola serta mengembangkan energi terbarukan. Sedangkan pertumbuhan ekonomi yang diarahkan secara strategis ke sektor hijau mendukung investasi pada teknologi rendah karbon, sesuai dengan prinsip *Ecological Modernization Theory* bahwa pembangunan ekonomi tidak harus bertentangan dengan keberlanjutan lingkungan.

Sebagian besar negara di dunia masih menunjukkan ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil dan batu bara, karena kedua sumber energi tersebut dianggap lebih terjangkau secara ekonomi dibandingkan sumber energi alternatif (Agrawal et al., 2021; Mohamed Yusoff et al., 2023). Kondisi ini memperburuk emisi karbon dan menunda pencapaian target pembangunan rendah karbon, terutama di negara-negara berkembang. Permintaan energi global diperkirakan akan terus meningkat hingga pertengahan abad ini, seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan peningkatan populasi dunia. Di sisi lain, isu kesenjangan akses energi yang adil dan berkelanjutan masih menjadi tantangan utama, terutama di negara berkembang (Johnstone, 2024). Meskipun energi terbarukan memiliki potensi besar sebagai sumber energi bersih, tingkat adopsinya secara global masih berlangsung lambat. Saat ini, bauran energi dunia masih didominasi oleh sumber energi tak terbarukan, yang memperlambat transisi menuju sistem energi hijau dan berkelanjutan (Lawal, 2023).

Penelitian ini memberikan dua kontribusi utama. Pertama, studi ini mengisi kesenjangan literatur mengenai keterkaitan dimensi sosial dan ekonomi dengan konsumsi energi terbarukan di lima negara ASEAN Indonesia, Malaysia, Filipina, Thailand, dan Vietnam selama periode 1990–2021. Kawasan ini relevan karena menargetkan 23% energi terbarukan dalam bauran energi primer pada 2025, namun hingga 2021 justru menunjukkan tren konsumsi yang menurun meskipun memiliki potensi sumber daya alam yang besar. Kedua, studi ini menawarkan pendekatan empiris dengan mengintegrasikan indikator ekonomi dan sosial Pertumbuhan ekonomi, keterbukaan perdagangan, urbanisasi, dan pendidikan untuk menganalisis pengaruhnya terhadap konsumsi energi terbarukan. Meskipun sejumlah studi telah dilakukan, keterkaitan langsung antara urbanisasi dan energi terbarukan di ASEAN-5 belum banyak dibahas, begitu pula peran pendidikan yang masih minim diteliti. Literatur yang mengkaji keempat variabel ini secara komprehensif di kawasan ASEAN juga masih terbatas. Oleh karena itu, sejauh pengetahuan peneliti, studi ini merupakan yang pertama menganalisis pengaruh gabungan urbanisasi, perdagangan, pertumbuhan ekonomi, dan pendidikan terhadap konsumsi energi terbarukan di ASEAN-5 selama 1990–2021

TINJAUAN LITERATUR

Kerangka konseptual dalam studi ini didasarkan pada dua perspektif teori utama, yaitu Teori Modernisasi dan hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Kedua pendekatan ini digunakan untuk membangun fondasi teoretis yang kuat

dengan menelaah bagaimana teori-teori tersebut menjelaskan dinamika transisi energi berkelanjutan di kawasan negara berkembang ASEAN-5. Penelitian ini juga didukung adanya Teori *Ecological Modernization* (EMT), yang menawarkan perspektif yang relevan dalam memahami bagaimana faktor ekonomi dan sosial dapat berkontribusi pada transisi menuju penggunaan energi yang lebih berkelanjutan. Spaargaren & Mol, (1992) menyatakan bahwa modernisasi ekologis menekankan perlunya transformasi institusional dan teknologi dalam produksi dan konsumsi untuk mengatasi krisis lingkungan. Teori ini menekankan peran teknologi dan inovasi sebagai pendorong perubahan, serta menyatakan bahwa pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan dapat berjalan seiring.

Environmental Kuznets Curve (EKC) merupakan salah satu hipotesis paling berpengaruh dalam kajian hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan lingkungan, yang pertama kali diuji oleh Grossman & Krueger (1991). Hipotesis ini menyatakan adanya pola atau hubungan berbentuk U terbalik antara pembangunan ekonomi dan degradasi lingkungan (Özbek & Naimoğlu, 2025). Dalam hipotesis ini dijelaskan bahwa peningkatan PDB per kapita pada awalnya akan memperburuk kondisi lingkungan melalui peningkatan polusi, namun seiring waktu dan perkembangan ekonomi, tingkat polusi tersebut akan menurun. Pada tahap awal pertumbuhan ekonomi, emisi CO₂ meningkat seiring dengan industrialisasi. Namun, ketika tingkat pendapatan mencapai ambang tertentu, masyarakat mulai menuntut lingkungan yang lebih bersih, yang kemudian mendorong investasi dalam teknologi hijau dan energi terbarukan (Ali et al., 2025).

Studi oleh Ali et al. (2025) mengkaji hubungan antara Teori Modernisasi dan hipotesis EKC dalam adopsi energi terbarukan, yang keduanya memiliki elemen saling melengkapi dan bertentangan. Teori Modernisasi menekankan pembangunan ekonomi sebagai pendorong utama inovasi teknologi, termasuk energi bersih, sementara EKC menyatakan bahwa pada tahap awal pertumbuhan, tekanan lingkungan meningkat dan menunda transisi energi hingga pendapatan memadai tercapai. Meski demikian, keduanya sepakat bahwa pertumbuhan ekonomi jangka panjang dapat memperbaiki kondisi ekologi. Berbagai studi yang mengkaji EKC mulai memasukkan konsumsi energi terbarukan sebagai salah satu variabel utama dalam analisis. Zoundi (2017) menggunakan model kointegrasi panel untuk 25 negara Afrika selama periode 1980–2012, Solarin et al. (2017) memverifikasi hipotesis EKC di Ghana dan menemukan pola hubungan berbentuk U terbalik antara pertumbuhan ekonomi dan degradasi lingkungan.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa urbanisasi berkaitan dengan konsumsi energi dan degradasi lingkungan di kawasan ASEAN. Khususnya, penelitian Nathaniel & Khan (2020) mengungkapkan adanya hubungan antara urbanisasi dan konsumsi energi fosil di kawasan ASEAN yang menunjukkan kecenderungan untuk meningkatkan konsumsi energi tidak terbarukan, yang pada gilirannya berkontribusi terhadap peningkatan degradasi lingkungan. Zhao & Zhang (2018) meneliti pengaruh urbanisasi terhadap konsumsi energi di Tiongkok selama

periode 1980 hingga 2010 dan menemukan bahwa urbanisasi memiliki hubungan yang signifikan dengan peningkatan konsumsi energi. Hasil penelitian mereka menunjukkan kenaikan urbanisasi sebesar 1% akan meningkatkan konsumsi energi sebesar 1,4%.

Pendidikan juga dianggap sebagai faktor penting dalam mendorong konsumsi energi terbarukan. Studi oleh Lu et al. (2023) menunjukkan bahwa peningkatan pendidikan secara signifikan berkorelasi positif dengan konsumsi energi terbarukan di Tiongkok selama periode 1995–2020. Wang et al. (2022) menambahkan bahwa pendidikan berperan dalam membentuk kesadaran lingkungan, perilaku konsumsi, dan kapasitas teknis masyarakat. Pemilihan indeks pendidikan sebagai indikator didasarkan pada potensi pendidikan dalam mendorong pertumbuhan ekonomi, inovasi teknologi, dan kualitas kelembagaan, yang semuanya merupakan determinan penting dalam pengembangan energi terbarukan. Menurut Su et al. (2022), dinamika seperti perubahan struktur penduduk, urbanisasi, dan industrialisasi berkontribusi terhadap meningkatnya konsumsi energi serta menciptakan tantangan bagi sistem energi.

Penelitian ini menawarkan dua kontribusi utama bagi pengembangan literatur empiris di bidang energi dan pembangunan berkelanjutan. Pertama, studi ini menggunakan proporsi energi terbarukan terhadap total konsumsi energi sebagai variabel dependen, alih-alih menggunakan konsumsi absolut, untuk memberikan gambaran yang lebih representatif terkait kecenderungan transisi energi. Kedua, Indeks Pendidikan diintegrasikan sebagai salah satu variabel independen yang merepresentasikan dimensi sosial, yang hingga kini masih jarang diterapkan dalam studi kuantitatif serupa di kawasan ASEAN. Penggunaan variabel ini sebelumnya digunakan dalam studi Sart et al. (2022) namun untuk wilayah berbeda yaitu, negara pasar berkembang terpilih untuk periode tahun 2000-2018.

METODE PENELITIAN

Jenis pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang bersumber dari World Bank dan UNDP. Penelitian ini menggunakan bentuk *pooled data* (data panel) yaitu menggabungkan antara data *cross section* dari lima Negara di ASEAN yaitu, Indonesia, Malaysia, Filipina, Thailand, dan Vietnam, dengan data *time series* yaitu periode 1990-2021. Metode analisis regresi data panel dipilih untuk penelitian ini dengan bantuan alat analisis menggunakan Eviews 12, dengan total 160 observasi.

Model data panel dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

$$REC_{it} = \beta_0 + \beta_1URB_{it} + \beta_2TRADE_{it} + \beta_3PDB_{it} + \beta_4EDU_{it} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Dalam model ini, REC mengacu pada konsumsi energi terbarukan (dalam persen), URB mewakili populasi perkotaan (persen), TRADE adalah rasio

perdagangan terhadap PDB (persen), PDB merujuk pada produk domestik bruto per kapita, dan EDU merupakan indeks pendidikan. β_0 adalah konstanta, sedangkan β_1 , β_2 , β_3 , dan β_4 adalah koefisien regresi berganda. Sementara itu, ϵ_{it} adalah istilah error, i menunjukkan individu negara, dan t merujuk pada periode waktu dalam data panel.

Konsumsi energi terbarukan diukur dari porsi energi terbarukan dalam total konsumsi energi, dengan data dari World Bank. Urbanisasi diukur dari persentase populasi perkotaan, sedangkan keterbukaan perdagangan dihitung dari rasio total ekspor dan impor terhadap PDB, keduanya juga bersumber dari World Bank. PDB per kapita digunakan sebagai indikator pertumbuhan ekonomi karena mencerminkan kapasitas ekonomi individu dan memudahkan perbandingan antarnegara dalam analisis panel data. Pendidikan diwakili oleh Indeks Pendidikan dari Human Development Report UNDP, yang merupakan rata-rata tahun sekolah dan harapan lama sekolah. Variabel PDB dihitung menggunakan logaritma (log).

Persamaan 1 kemudian mentransformasikan PDB ke dalam bentuk logaritma, diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$REC_{it} = \beta_0 + \beta_1 UR_{it} + \beta_2 TRADE_{it} + \beta_3 LOGPDB_{it} + \beta_4 EDU_{it} + \epsilon_{it}$$

Berikut hipotesis berdasarkan kajian literatur dan teori:

- H1: URB memiliki pengaruh positif terhadap REC
- H2: TRADE memiliki pengaruh positif terhadap REC
- H3: LOGPDB memiliki pengaruh positif terhadap REC
- H4: EDU memiliki pengaruh positif terhadap REC

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Spesifikasi Model

Terdapat tiga uji untuk menentukan metode estimasi data panel. 1) Uji Uji Chow dilakukan guna memilih antara metode *common effect* atau metode *fixed effect*. 2) Uji Hausman yang dilakukan guna memilih antara metode *fixed effect* atau metode *random effect*. 3) Uji *Lagrange Multiplier* (LM) dilakukan guna memilih metode *common effect* atau metode *random effect*.

1. Uji Chow

Uji chow dilakukan guna menentukan apakah model yang tepat adalah *common effect* atau *fixed effect*. H_0 ditolak jika nilai probabilitas $F < 0.05$, dimana H_0 merupakan *common effect model* (CEM) apabila $Prob > 0,05$ dan H_1 adalah *fixed effect model* (FEM) apabila $Prob < 0,05$.

Tabel 2. Hasil Uji Chow

Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	14.631483	(4,151)	0.0000
Cross-section Chi-square	52.410829	4	0.0000

Sumber: Data Diolah, 2025

Hasil dari uji Chow pada model ini mempunyai nilai probabilitas F sebesar 0.000 lebih kecil dari 0.05, sehingga H0 ditolak dan H1 diterima, model yang sesuai dari hasil ini yaitu Fixed effect model (FEM).

2. Uji Hausman

Uji Hausman dilakukan untuk memilih atau membandingkan model yang terbaik diantara model *Fixed Effect Model* (FEM) dan *Random Effect Model* (REM). Jika probabilitas *Cross-section F* > 0,05, model terbaik adalah *Random Effect Model* (REM). Namun, jika nilai probabilitas *Cross-section F* < 0,05, model terbaik adalah *Fixed Effect Model* (FEM).

Tabel 3. Uji Hausman

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	58.525933	4	0.0000

Sumber: Data diolah, 2025

H0 : Model REM yang dipilih (Prob > 0.05)

H1 : Model FEM yang dipilih (Prob < 0.05)

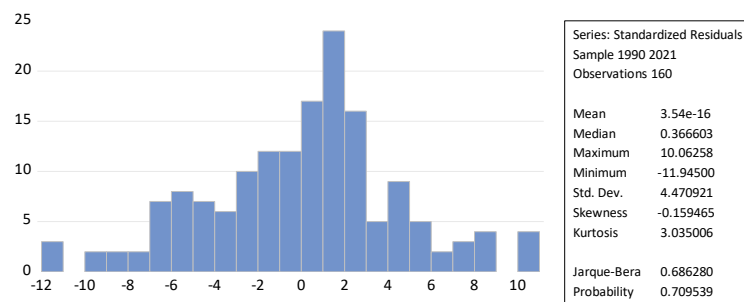
Hasil dari uji Hausman pada model ini mempunyai nilai probabilitas F sebesar 0.000 lebih kecil dari 0.05, maka H0 ditolak dan H1 diterima, sehingga dapat diartikan bahwa model yang sesuai dari hasil ini adalah *fixed effect model* (FEM). Dikarenakan model yang terpilih *fixed effect model* (FEM), maka tidak diperlukan untuk melakukan Uji *Lagrange Multiplier* (LM).

Uji Asumsi Klasik

Tahap yang dilakukan setelah uji spesifikasi model adalah dengan uji asumsi klasik yang mencakup uji normalitas, uji multikolinearitas, dan uji heteroskedastisitas. Tujuan dari uji asumsi klasik ini adalah untuk memperoleh estimasi parameter yang lebih akurat untuk model tersebut.

1. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk melihat residual (*error term*) yang digunakan berdistribusi normal atau tidak. Dalam pengujian ini, tipe tes yang digunakan ialah *jarque-bera test*. Data yang berdistribusi normal apabila nilai probabilitas yang dihasilkan dari jarque-bera > alpha ($\alpha = 5\%$) hasil uji normalitas dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Hasil Uji Normalitas
Sumber: Data diolah, 2025

Berdasarkan gambar 2 menunjukkan nilai probabilitas Jarque-Bare sebesar 0,709539. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai probabilitas lebih dari 0,05, sehingga data yang digunakan dapat dinyatakan telah berdistribusi normal dan terbebas dari masalah normalitas.

2. Uji Multikolinearitas

Uji Multikolinearitas bertujuan guna menguji apakah model regresi yang diketahui ada atau tidaknya hubungan antar variabel bebas (independen). Data dinyatakan terkena multikolinearitas apabila nilai $R^2 > (0,80)$ di mana nilai F tinggi dan semua nilai t-statistik independen tidak signifikan.

Tabel 4. Hasil Uji Multikolinearitas

	URB	TRADE	LOG_GDP	EDU
URB	1.000000	0.297774	0.771273	0.679125
TRADE	0.297774	1.000000	0.419829	0.283977
LOGPDB	0.771273	0.419829	1.000000	0.794971
EDU	0.679125	0.283977	0.794971	1.000000

Sumber: Data diolah, 2025

Tabel 4 memperlihatkan bahwa semua variabel independen yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai koefisien korelasi $< 0,80$. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa model regresi tersebut terbebas dari masalah multikolinearitas karena data di atas tidak terdapat hubungan linier antar variabel independennya.

3. Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat residual yang tidak konstan namun bervariasi. Heteroskedastisitas diakibatkan oleh adanya data *outlier* dalam data penelitian. Pada penelitian ini menggunakan uji Breush-pagan-godfrey untuk mendeteksi masalah

heteroskedastisitas pada model penelitian. Model regresi dikatakan tidak mengandung heteroskedastisitas jika probabilitas signifikansinya di atas tingkat kepercayaan 5% atau $> 0,05$ dan sebaliknya.

Tabel 5. Hasil Uji Heteroskedastisitas

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.855530	2.517552	0.339826	0.7345
URB	-0.120819	0.081238	-1.487212	0.1390
TRADE	-0.008496	0.009809	-0.866199	0.3878
LOGPDB	0.844565	0.563217	1.499536	0.1358
EDU	4.242236	7.875335	0.538674	0.5909

Sumber: Data diolah, 2025

Berdasarkan hasil Uji heteroskedastisitas dapat disimpulkan bahwa semua variabel memiliki nilai probabilitas lebih besar dari alpha 0,05 ($\alpha=5\%$). Maka dapat dikatakan model penelitian yang digunakan terbebas dari gejala heteroskedastisitas.

Model Regresi Data Panel

Berdasarkan hasil uji pemilihan model yang dilakukan melalui Chow Test dan Hausman Test, pendekatan yang paling sesuai adalah *Fixed Effect Model* (FEM). Pengujian hipotesis dilakukan melalui analisis signifikansi parsial (uji t) serta evaluasi koefisien determinasi (R^2) untuk menilai kekuatan model dalam menjelaskan variabel dependen. Berikut adalah hasil estimasi dengan pendekatan *Fixed Effect Model* (FEM) pada penelitian ini:

Tabel 6. Hasil Uji Model Terpilih (FEM)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	125.2158	4.691230	26.69146	0.0000
URB	0.332529	0.151380	2.196648	0.0296
TRADE	-0.100705	0.018278	-5.509587	0.0000
LOGPDB	-11.95247	1.049505	-11.38867	0.0000
EDU	-14.45465	14.67497	-0.984986	0.3262

Sumber: Data diolah, 2025

Berdasarkan tabel 6 yang menunjukkan hasil estimasi dari FEM, diperoleh nilai koefisien regresi setiap variabel penelitian yaitu sebagai berikut:

$$RE = 125,2158 + 0,332529URB - 0,100705TRADE - 11,95247LOGGDP - 14,45465EDU + eit$$

Penjelasan hasil estimasi persamaan pada tabel sebagai berikut:

1. Pengaruh URB terhadap REC ditunjukkan oleh nilai probabilitas sebesar 0,0296. Nilai probabilitas yang dihasilkan lebih kecil dari tingkat signifikansi

5% (0,05). Nilai koefisien yang dihasilkan 0,332529 oleh karena itu, hipotesis 1 diterima. Hasil empiris menunjukkan bahwa jika URB meningkat sebesar 1%, konsumsi energi terbarukan meningkat sebesar 0,332529% dengan asumsi *ceteris paribus*.

2. Pengaruh TRADE terhadap REC ditunjukkan oleh nilai probabilitas sebesar 0,0000. Nilai probabilitas yang dihasilkan lebih kecil dari tingkat signifikansi 5% (0,05). Nilai koefisien yang dihasilkan -0,100705 oleh karena itu, hipotesis 2 ditolak. Hasil empiris menunjukkan bahwa jika TRADE meningkat sebesar 1%, menurunkan konsumsi energi terbarukan sebesar 0,100705% dengan asumsi *ceteris paribus*.
3. Pengaruh LOGPDB terhadap REC ditunjukkan oleh nilai probabilitas sebesar 0,0000. Nilai probabilitas yang dihasilkan 0,0000 lebih kecil dari tingkat signifikansi 5% (0,05). Nilai koefisien yang dihasilkan -11,95247 oleh karena itu, hipotesis 3 ditolak. Hasil empiris menunjukkan bahwa jika LOGPDB meningkat sebesar 1%, menurunkan konsumsi energi terbarukan sebesar 11,95247% dengan asumsi *ceteris paribus*.
4. Pengaruh EDU terhadap REC ditunjukkan oleh nilai probabilitas sebesar 0,3262. Nilai probabilitas yang dihasilkan lebih besar dari tingkat signifikansi 5% (0,05). Sehingga berdasarkan nilai probabilitasnya, EDU tidak berpengaruh terhadap konsumsi energi terbarukan. Sedangkan, nilai koefisien yang dihasilkan -14,45465 oleh karena itu, hipotesis 4 ditolak. Jika EDU meningkat sebesar 1%, menurunkan konsumsi energi terbarukan sebesar 14,45465%. Namun, hasil empiris menunjukkan bahwa EDU tidak berpengaruh signifikan terhadap REC.

Uji Statistik

Uji statistik dilakukan untuk mengevaluasi signifikansi model secara keseluruhan dan menguji hipotesis penelitian. Uji ini bertujuan untuk menilai sejauh mana variabel independen dapat menjelaskan variabel dependen dalam suatu model regresi. Dalam penelitian ini, pengujian statistik terdiri dari tiga jenis, yaitu: (1) uji koefisien determinasi (R^2) untuk melihat proporsi variasi variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh variabel independen, (2) uji signifikansi parsial atau uji t untuk menguji pengaruh masing-masing variabel independen secara individual terhadap variabel dependen, dan (3) uji signifikansi simultan atau uji F untuk menilai pengaruh seluruh variabel independen secara bersama-sama terhadap variabel dependen.

1. Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Uji koefisien determinasi, yang dikenal dengan istilah *R-squared* (R^2), bertujuan untuk mengukur sejauh mana variabel independen dalam model regresi mampu menjelaskan variasi dari variabel dependen. Nilai R^2 berkisar antara 0 hingga 1. Semakin mendekati angka 1, maka semakin besar proporsi

variabilitas variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh model, yang menunjukkan bahwa model memiliki daya jelas yang baik.

Tabel 8. Hasil Koefisien Determinan (R²)

R-squared	Adjusted R-squared
0.936247	0.932869

Sumber: Data Diolah, 2025

Berdasarkan hasil estimasi menggunakan pendekatan *Fixed Effect Model*, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,936247. Hal ini menunjukkan bahwa sebesar 93,62% variasi dalam konsumsi energi terbarukan di lima negara ASEAN dapat dijelaskan oleh variabel independen yang digunakan dalam model, yaitu urbanisasi (URB), keterbukaan perdagangan (TRADE), produk domestik bruto per kapita dalam logaritma (LOGPDB), dan pendidikan (EDU). Sementara itu, sisanya sebesar 6,38% dijelaskan oleh variabel lain di luar model yang tidak dicakup dalam penelitian ini.

2. Uji t (Uji Statistik secara parsial)

Uji t digunakan untuk mengukur pengaruh individual suatu variabel independen terhadap variabel dependen. Hasil uji t-statistik dilihat dari nilai probabilitas tiap variabel independen. Selain melihat nilai probabilitas dapat dilakukan perbandingan antara t-statistik dengan t-tabel. Variabel independen dapat dikatakan signifikan ketika nilai probabilitas lebih kecil dari taraf nyata yaitu 0,05 ($\alpha=5\%$)

Tabel 9. Hasil Uji t

Variabel	t hitung	< atau >	t tabel	Nilai Signifikan
URB	2,196648	>	1,975288	0,0296 (signifikan)
TRADE	-5,509587	>	1,975288	0,0000 (Signifikan)
LOGPDB	-11,38867	>	1,975288	0,0000 (Signifikan)
EDU	-0,984986	<	1,975288	0,3262 (Tidak Signifikan)

Sumber: Data Diolah, 2025

Berdasarkan Tabel 9 yang memuat hasil uji t-statistik, diketahui bahwa secara parsial terdapat tiga variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap konsumsi energi terbarukan (RE), yaitu variabel urbanisasi (URB), keterbukaan perdagangan (TRADE), dan produk domestik bruto per kapita dalam bentuk logaritma (LOGPDB). Ketiga variabel tersebut menunjukkan nilai probabilitas t-statistik yang lebih kecil dari tingkat signifikansi 5% ($\alpha=0,05$), sehingga pengaruhnya terhadap RE dinyatakan signifikan. Sementara itu, variabel pendidikan (EDU) tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap RE, yang ditunjukkan oleh nilai probabilitas t-statistik sebesar 0,3262, lebih besar dari batas signifikansi 5%.

3. Uji F (Uji Simultan)

Uji F, atau yang dikenal sebagai uji F-statistik, merupakan metode pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi signifikansi pengaruh seluruh variabel independen secara simultan terhadap variabel dependen dalam suatu model regresi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah model secara keseluruhan layak digunakan dalam menjelaskan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti. Penilaian terhadap hasil uji F dilakukan dengan memperhatikan nilai F-statistik atau nilai probabilitasnya (p-value). Apabila nilai probabilitas F-statistik lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa secara bersama-sama variabel independen yang digunakan dalam model memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen.

Tabel 10. Hasil Uji F

F-statistic	Prob(F-statistic)
277.1895	0.000000

Sumber: Data Diolah, 2025

Berdasarkan Tabel 10, hasil uji F-statistik menunjukkan bahwa nilai probabilitas F-statistik sebesar 0,0000. Dengan nilai probabilitas tersebut yang lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05, dapat disimpulkan bahwa secara simultan seluruh variabel independen yang digunakan dalam model memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen.

Pengaruh Urbanisasi terhadap Konsumsi Energi Terbarukan

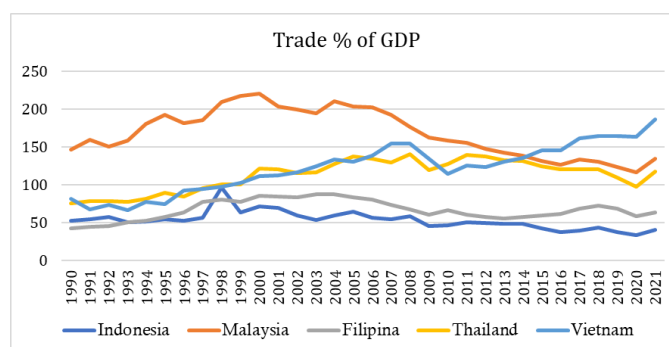
Hasil penelitian menunjukkan urbanisasi berpengaruh positif dan signifikan terhadap konsumsi energi terbarukan pada lima negara ASEAN periode 1990 sampai dengan 2021. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Vo et al. (2024), Mohamed Yusoff et al. (2023), dan Kumaran et al. (2020) yang menemukan urbanisasi berpengaruh positif terhadap konsumsi energi terbarukan di negara pasar berkembang ASEAN. Temuan ini mengindikasikan bahwa kawasan perkotaan menjadi kontributor utama dalam meningkatnya permintaan energi, yang disebabkan oleh tingginya tingkat penggunaan kendaraan bermotor, penggunaan energi yang berlebihan pada bangunan baru, serta gaya hidup urban yang cenderung boros energi (Fang et al., 2022). Kumaran et al. (2020) menyatakan bahwa daerah perkotaan biasanya berfokus pada efisiensi energi teknologi seperti penggunaan panel surya untuk proyek perumahan dan juga perkantoran. Temuan yang menarik menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara urbanisasi dan energi terbarukan, yang mengindikasikan bahwa peningkatan tingkat urbanisasi sejalan dengan meningkatnya permintaan terhadap energi terbarukan. Ketika kepadatan penduduk di kawasan perkotaan meningkat, infrastruktur juga akan mengalami

perkembangan, yang memerlukan peningkatan kapasitas teknologi dan memfasilitasi pertumbuhan yang berkelanjutan dalam sektor energi terbarukan.

Mohamed Yusoff et al. (2023) dalam penelitiannya berpendapat bahwa urbanisasi juga berpotensi meningkatkan tingkat pendidikan, yang pada gilirannya menghasilkan populasi yang lebih terdidik serta meningkatkan kesadaran publik dan kemauan politik untuk menangani isu-isu lingkungan, termasuk kebutuhan untuk beralih ke bauran energi yang lebih berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan konsep *Ecological Modernization Theory*, yang berargumen bahwa konservasi lingkungan dan pertumbuhan ekonomi dapat dicapai melalui penerapan teknologi dan proses manufaktur yang lebih ramah lingkungan, sehingga menciptakan jalur pembangunan yang lebih berkelanjutan. Oleh karena itu, pemerintah perlu merumuskan kebijakan dan insentif yang mendorong adopsi energi terbarukan, terutama di daerah perkotaan yang memiliki kebutuhan energi yang tinggi.

Pengaruh Keterbukaan Perdagangan Terhadap Konsumsi Energi Terbarukan

Hasil penelitian selanjutnya menunjukkan bahwa TRADE berpengaruh negatif signifikan terhadap konsumsi energi terbarukan di lima negara ASEAN. Mengindikasikan bahwa peningkatan dalam *trade* akan menurunkan konsumsi energi terbarukan. Hasil ini menolak hipotesis dan bertentangan dengan *Ecological Modernization Theory*. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas perdagangan di lima negara ASEAN cenderung masih mengandalkan sumber energi yang berdampak negatif terhadap lingkungan, seperti bahan bakar fosil dan batu bara, dikarenakan biaya yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan energi terbarukan. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Mohamed Yusoff et al. (2023) dan Kumaran et al. (2020) yang menemukan bahwa perdagangan menurunkan tingkat konsumsi energi terbarukan.



Gambar 3. Perdagangan (% dari Produk Domestik Bruto)

Sumber: World bank diolah, 2025

Gambar 3 menunjukkan keterbukaan perdagangan di beberapa negara seperti Malaysia dan Vietnam menunjukkan tingkat yang tinggi, namun belum diikuti dengan peningkatan konsumsi energi terbarukan yang sebanding seperti yang ditunjukkan dalam gambar 1. Meskipun Malaysia mencatat rasio perdagangan

terhadap PDB sebesar 217% pada 1999, konsumsi energinya tetap rendah, bahkan menurun dari 4,9% pada tahun tersebut menjadi 3% pada 2005. Ini menunjukkan bahwa manfaat perdagangan dalam transfer teknologi bersih belum sepenuhnya dioptimalkan. Dalam penelitian Mohamed Yusoff et al. (2023), diungkapkan bahwa peningkatan keterbukaan perdagangan dapat memiliki dampak negatif terhadap adopsi dan penggunaan energi terbarukan. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui beberapa faktor yang saling terkait. Pertama, adanya persaingan yang semakin ketat dari sumber energi tradisional, seperti bahan bakar fosil, dapat menghambat pertumbuhan sektor energi terbarukan. Kedua, liberalisasi perdagangan berpotensi meningkatkan ketergantungan pada energi impor, khususnya energi tak terbarukan, yang pada gilirannya mengurangi insentif untuk berinvestasi dalam pengembangan energi terbarukan.

Pemerintah mungkin cenderung memprioritaskan perdagangan dan pertumbuhan ekonomi di atas pengembangan energi terbarukan, sehingga mengurangi dukungan kebijakan yang diperlukan untuk sektor ini. Terakhir, dengan meningkatnya keterbukaan perdagangan, negara mungkin menghadapi keterbatasan dalam kapasitas teknologi dan infrastruktur yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan energi jangka panjang. Oleh karena itu, hubungan negatif antara keterbukaan perdagangan dan energi terbarukan menunjukkan tantangan signifikan dalam transisi menuju bauran energi yang lebih berkelanjutan.

Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Konsumsi Energi Terbarukan

Hasil penelitian selanjutnya menunjukkan bahwa, pertumbuhan ekonomi berpengaruh negatif signifikan terhadap konsumsi energi terbarukan di lima negara ASEAN, menolak hipotesis penelitian. Temuan ini sejalan dengan penelitian Ergun et al. (2019), Han et al. (2022), dan Xuan et al. (2024) yang menemukan bahwa di 21 negara Afrika, China, dan enam negara ASEAN, pertumbuhan ekonomi yang diukur menggunakan produk domestik bruto berpengaruh negatif terhadap konsumsi energi terbarukan, hal ini dapat didiskusikan dari dua sudut pandang. Pertama, salah satu tujuan sebagian besar negara berkembang dan terbelakang adalah tumbuh secara ekonomi. Karena energi mendorong pertumbuhan ekonomi dan energi fosil merupakan pilihan yang lebih murah, maka konsumsinya akan meningkat untuk mendorong pertumbuhan pendapatan. Kedua, pertumbuhan pendapatan (PDB) dapat mendorong penduduk untuk mencari energi terbarukan yang lebih efisien. Pergeseran ini bersifat padat modal, oleh karena itu persentase konsumsi energi terbarukan akan menurun (Ergun et al., 2019).

Hasil ini dapat dijelaskan melalui kerangka *Environmental Kuznets Curve* (EKC) dan Paradigma Neoklasik. Pertama, dalam konteks EKC, negara berkembang yang berada pada tahap awal pertumbuhan ekonomi cenderung memprioritaskan ekspansi industri dan pertumbuhan pendapatan melalui penggunaan sumber energi murah dan cepat, yaitu energi fosil. Dalam fase ini, konsumsi energi meningkat pesat, namun didominasi oleh sumber yang tidak ramah lingkungan, sehingga adopsi energi

terbarukan relatif terabaikan. Ini mencerminkan bahwa pertumbuhan ekonomi belum mencapai ambang pendapatan yang memungkinkan investasi signifikan dalam teknologi energi bersih. Berdasarkan paradigma neoklasik, energi dipandang sebagai *input* penting dalam fungsi produksi, di mana pelaku ekonomi cenderung memilih sumber energi yang paling efisien secara biaya. Energi fosil, yang memiliki biaya investasi awal lebih rendah dan infrastruktur yang sudah mapan, menjadi pilihan utama untuk mendorong pertumbuhan PDB. Dalam kondisi seperti ini, meskipun pendapatan nasional meningkat, konsumsi energi terbarukan secara relatif justru menurun karena investasi pada energi terbarukan dianggap belum efisien secara ekonomi (Ergun et al., 2019). Kendala struktural seperti keterbatasan ketersediaan energi terbarukan secara geografis dan teknis, serta tingginya kebutuhan modal awal, membuat pergeseran konsumsi energi dari fosil ke terbarukan menjadi lambat di negara berkembang.

Temuan yang sama oleh Han et al. (2022) berpendapat bahwa, meskipun penggunaan sumber energi terbarukan (tenaga air tenaga air, biomassa, bahan bakar nabati, angin, panas bumi, dan matahari), khususnya untuk pembangkit listrik, telah meningkat akhir-akhir ini di negara-negara berkembang, namun sumber energi utama yang digunakan oleh manusia masih berupa bahan bakar fosil yang tidak terbarukan. Penggunaan sumber energi terbarukan dibatasi oleh fakta bahwa sumber energi tersebut tidak selalu tersedia. kendala struktural seperti keterbatasan ketersediaan energi terbarukan secara geografis dan teknis, serta tingginya kebutuhan modal awal, membuat pergeseran konsumsi energi dari fosil ke terbarukan menjadi lambat di negara berkembang. Oleh karena itu, temuan negatif ini memperkuat argumen bahwa pertumbuhan ekonomi, pada fase awalnya, belum mendorong transisi energi bersih secara optimal di lima negara ASEAN. Temuan ini menegaskan bahwa meskipun negara-negara ASEAN memiliki potensi sumber daya alam yang tinggi, ketergantungan terhadap energi fosil tetap dominan. Rendahnya tingkat adopsi energi terbarukan sebagian besar disebabkan oleh biaya energi fosil yang relatif lebih murah serta kurangnya insentif dan investasi yang memadai dalam sektor energi bersih (Kumaran et al., 2020).

Pengaruh Pendidikan Terhadap Konsumsi Energi Terbarukan

Hasil penelitian selanjutnya menemukan bahwa, pendidikan tidak berpengaruh terhadap konsumsi energi terbarukan di lima negara ASEAN. Temuan mengejutkan ini dapat dijelaskan bahwa perubahan dalam pendidikan belum memberikan kontribusi terhadap konsumsi energi terbarukan di lima Negara ASEAN tahun 1990 sampai dengan 2021. Temuan ini sejalan dengan penelitian terpisah sebelumnya di negara-negara N-11 dan 21 negara Afrika oleh Wang et al. (2022) dan Ergun et al. (2019).

Ergun et al. (2019) mengeksplorasi faktor penentu penggunaan energi terbarukan di 21 negara Afrika selama periode 1990–2013 melalui analisis kausalitas dan regresi dan mencapai kausalitas bilateral antara pembangunan manusia dan

penggunaan energi terbarukan, menunjukkan dampak negatif pembangunan manusia dan pertumbuhan ekonomi terhadap penggunaan energi terbarukan. Meskipun investasi di bidang pendidikan meningkat dari waktu ke waktu, program pendidikan energi terbarukan berfokus pada tingkat universitas ke atas, yang menyebabkan sedikitnya kesadaran akan energi terbarukan dan kurangnya penerimaan sosial (Oryani et al., 2021). Di sisi lain, pengembangan energi terbarukan masih terbatas di beberapa negara, terutama negara berkembang, meskipun ada penyertaan pendidikan energi terbarukan dalam kurikulum sarjana. Ketidaksesuaian antara kurikulum pelatihan dan kebutuhan industri yang sebenarnya telah mengakibatkan kekurangan sumber daya manusia yang terampil (Islam et al., 2021).

Tabel 1, menunjukkan peningkatan indeks pendidikan di Indonesia, Malaysia, Filipina, Thailand, dan Vietnam dari tahun 1990 sampai dengan 2021 cenderung tidak diikuti oleh peningkatan konsumsi energi terbarukan, yang mengindikasikan masih adanya kesenjangan antara kapabilitas sumber daya manusia dan adopsi teknologi energi bersih. Hal ini menyiratkan bahwa meskipun pendidikan telah mendapat perhatian, program dan kebijakan pendidikan tentang energi terbarukan tampaknya tidak memenuhi kebutuhan masyarakat, yang menyebabkan kekurangan sumber daya manusia terkait teknologi dan energi terbarukan di lima negara ASEAN. Propaganda dan edukasi mengenai manfaat penggunaan energi terbarukan dan non-terbarukan, serta dampaknya terhadap lingkungan, belum disebarluaskan secara efektif kepada masyarakat, sehingga menurut teori, konsumsi energi sangat bergantung pada motivasi individu yang dipengaruhi oleh tingkat kesadaran dan pemahaman masyarakat terhadap isu-isu lingkungan dan keberlanjutan (Wang et al., 2022).

KESIMPULAN

Studi ini menginvestigasi hubungan antara urbanisasi, perdagangan, pertumbuhan ekonomi, dan pendidikan terhadap konsumsi energi terbarukan di lima negara ASEAN Indonesia, Malaysia, Filipina, Thailand, dan Vietnam dalam periode 1990 hingga 2021. Berdasarkan hasil analisis empiris, hanya satu dari empat hipotesis yang didukung oleh data, yaitu pengaruh positif urbanisasi terhadap konsumsi energi terbarukan. Temuan empiris menunjukkan bahwa urbanisasi memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap konsumsi energi terbarukan, menandakan bahwa dinamika pertumbuhan wilayah urban mampu menciptakan ekosistem yang mendukung adopsi teknologi energi bersih. Dalam hal ini, urbanisasi tidak hanya mencerminkan konsentrasi penduduk dan aktivitas ekonomi, tetapi juga peningkatan efisiensi, akses infrastruktur, dan potensi difusi inovasi teknologi ramah lingkungan yang lebih tinggi di kawasan perkotaan. Hal ini sejalan dengan pendekatan *Ecological Modernization Theory*, yang berargumen bahwa modernisasi institusional dan teknologi dalam masyarakat urban dapat mendorong pergeseran ke praktik yang lebih berkelanjutan.

Sebaliknya, temuan bahwa perdagangan internasional dan pertumbuhan ekonomi memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap konsumsi energi terbarukan menunjukkan adanya paradoks pembangunan di kawasan ASEAN. Meskipun keterbukaan perdagangan dan pertumbuhan PDB biasanya diasosiasikan dengan peningkatan kapasitas fiskal dan teknologi, temuan ini mengindikasikan bahwa ekspansi ekonomi di kawasan ini masih sangat bergantung pada sektor-sektor padat energi fosil dan belum diarahkan secara sistematis untuk mendukung transformasi energi. Dengan kata lain, pertumbuhan ekonomi belum berjalan paralel dengan agenda transisi energi bersih. Sementara itu, meskipun variabel pendidikan menunjukkan pengaruh negatif yang tidak signifikan terhadap REC, temuan ini menandakan bahwa peningkatan kapasitas sumber daya manusia melalui pendidikan belum secara langsung berkontribusi terhadap pengembangan energi terbarukan di kawasan ini. Temuan ini menggarisbawahi perlunya kebijakan yang lebih terarah dalam memaksimalkan peran urbanisasi dan memitigasi dampak negatif dari pertumbuhan ekonomi serta perdagangan terhadap konsumsi energi terbarukan, sambil memperkuat peran pendidikan sebagai fondasi pembangunan energi yang berkelanjutan.

SARAN

Berdasarkan temuan penelitian ini, diperlukan formulasi kebijakan yang terintegrasi untuk memperkuat konsumsi energi terbarukan di lima negara ASEAN. Pertama, urbanisasi yang terbukti memiliki pengaruh positif terhadap konsumsi energi terbarukan harus dioptimalkan melalui pembangunan kawasan perkotaan yang berkelanjutan. Hal ini mencakup pengembangan infrastruktur energi bersih, penerapan konsep *smart city*, serta peningkatan efisiensi energi dalam sektor transportasi, perumahan, dan industri perkotaan. Kedua, mengingat perdagangan dan pertumbuhan ekonomi justru berkontribusi negatif terhadap konsumsi energi terbarukan, perlu dilakukan reorientasi kebijakan ekonomi menuju model pembangunan rendah karbon. Pemerintah dapat menerapkan insentif fiskal bagi sektor-sektor ekonomi yang mengadopsi teknologi hijau serta mengintegrasikan standar keberlanjutan dalam perjanjian dagang dan investasi. Ketiga, meskipun pendidikan belum menunjukkan pengaruh yang signifikan, peran strategisnya tetap penting dalam jangka panjang. Oleh karena itu, kebijakan pendidikan perlu diarahkan pada penguatan literasi energi, pengembangan kurikulum terkait transisi energi, serta peningkatan kapasitas tenaga kerja melalui pelatihan teknis di bidang energi terbarukan. Kolaborasi antara negara-negara ASEAN dalam kerangka kerja regional yang harmonis sangat diperlukan untuk memperkuat transfer teknologi, mobilisasi pendanaan, dan penyusunan standar kebijakan bersama yang mendukung transisi energi bersih secara lebih terstruktur dan berkelanjutan di kawasan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M. M., & Murad, M. W. (2020). The impacts of economic growth, trade openness and technological progress on renewable energy use in organization for economic co-operation and development countries. *Renewable Energy*, 145, 382–390. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.054>
- 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(September 2024). <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101653>
- ASEAN Centre for Energy (ACE). (2021). ASEAN Plan of Action for Energy Cooperation (APAEC) 2016-2025. Phase II: 2021-2025. *The ASEAN Centre for Energy*, 1+67.
- Ergun, S. J., Owusu, P. A., & Rivas, M. F. (2019). Determinants of renewable energy consumption in Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(15), 15390–15405. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04567-7>
- Fang, J., Gozgor, G., Mahalik, M. K., Mallick, H., & Padhan, H. (2022). Does urbanisation induce renewable energy consumption in emerging economies? The role of education in energy switching policies. *Energy Economics*, 111(March), 106081. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106081>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American free trade agreement*. 3914.
- Guris, B., & Yavuz Tiftikcigil, B. (2020). The Renewable Energy Consumption-Economic Growth Nexus in Turkey. *Social Sciences Research Journal*, 9, 105–111.
- Gyimah, J., Hayford, I. S., Nyantakyi, G., Adu, P. S., Batasuma, S., & Yao, X. (2024). The era of global warming mitigation: The role of financial inclusion, globalization and governance institutions. *Heliyon*, 10(1), e23471. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23471>
- han, J., Zeeshan, M., Ullah, I., Rehman, A., & Afridi, F. E. A. (2022). Trade openness and urbanization impact on renewable and non-renewable energy consumption in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(27), 41653–41668. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18353-x>
- Huseynli, N. (2024). Level of Urbanization and Renewable Energy Consumption: The Case of Azerbaijan and Türkiye. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(3), 658–663. <https://doi.org/10.32479/ijeep.15539>
- Islam, A., Hossain, M. B., Mondal, M. A. H., Ahmed, M. T., Hossain, M. A., Monir, M. U., Khan, M. F. H., Islam, K., Khandaker, S., Choudhury, T. R., & Awual, M. R. (2021). Energy challenges for a clean environment: Bangladesh's experience. *Energy*

Reports, 7, 3373–3389. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.05.066>

- Johnstone, I. (2024). *Energy transition governance in the ASEAN : current status and future prospects*. 4(2), 107–125. <https://doi.org/10.1108/FREP-07-2024-0041>
- Kumaran, V. V., Ridzuan, A. R., Khan, F. U., Abdullah, H., & Mohamad, Z. Z. (2020). An empirical analysis of factors affecting renewable energy consumption in association of Southeast Asian nations-4 countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(2), 48–56. <https://doi.org/10.32479/ijeep.8142>
- Lawal, A. I. (2023). Determinants of Renewable Energy Consumption in Africa: Evidence from System GMM. *Energies*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/en16052136>
- Li, X., Shaikh, P. A., & Ullah, S. (2022). Exploring the potential role of higher education and ICT in China on green growth. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(43), 64560–64567. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20292-0>
- Lu, L., Chen, Q., Huang, R., & Usman, A. (2023). Education and its impact on renewable energy demand, carbon intensity, and green growth: do digital financial inclusion and environmental policy stringency matter in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(5), 12020–12028. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22759-6>
- Mohamed Yusoff, N. Y., Ridzuan, A. R., Soseco, T., Wahjoedi, Narmaditya, B. S., & Ann, L. C. (2023). Comprehensive Outlook on Macroeconomic Determinants for Renewable Energy in Malaysia. *Sustainability (Switzerland)*, 15(5), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su15053891>
- Nathaniel, S., & Khan, S. A. R. (2020). The nexus between urbanization, renewable energy, trade, and ecological footprint in ASEAN countries. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122709. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122709>
- Oryani, B., Koo, Y., Rezanian, S., & Shafiee, A. (2021). Barriers to renewable energy technologies penetration: Perspective in Iran. *Renewable Energy*, 174, 971–983. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.04.052>
- Özbek, S., & Naimoğlu, M. (2025). The effectiveness of renewable energy technology under the EKC hypothesis and the impact of fossil and nuclear energy investments on the UK's Ecological Footprint. *Energy*, 322(September 2024). <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.135351>
- Rehman, A., Radulescu, M., Cismaş, L. M., Cismaş, C. M., Chandio, A. A., & Simoni, S. (2022). Renewable Energy, Urbanization, Fossil Fuel Consumption, and Economic Growth Dilemma in Romania: Examining the Short- and Long-Term

Impact. *Energies*, 15(19). <https://doi.org/10.3390/en15197180>

Renewable Energy Agency, I. (2023). *Socio-economic footprint of the energy transition: Indonesia*. www.irena.org

Sarkhanov, T., & Muradzada, I. (2023). The Place of Gulf Basin Energy Resources in EU Energy Security. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(4), 68–75. <https://doi.org/10.32479/ijeeep.14327>

Sart, G., Bayar, Y., Sezgin, F. H., & Danilina, M. (2022). Impact of Educational Attainment on Renewable Energy Use: Evidence from Emerging Market Economies. *Energies*, 15(7), 1–15. <https://doi.org/10.3390/en15072695>

Solarin, S. A., Al-Mulali, U., Musah, I., & Ozturk, I. (2017). Investigating the pollution haven hypothesis in Ghana: An empirical investigation. *Energy*, 124, 706–719. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.089>

Spaargaren, G., & Mol, A. P. J. (1992). Sociology, environment, and modernity: Ecological modernization as a theory of social change. *Society and Natural Resources*, 5(4), 323–344. <https://doi.org/10.1080/08941929209380797>

Su, M., Wang, Q., Li, R., & Wang, L. (2022). Per capita renewable energy consumption in 116 countries: The effects of urbanization, industrialization, GDP, aging, and trade openness. *Energy*, 254, 124289. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124289>

Vo, D. H., Vo, A. T., & Ho, C. M. (2024). Urbanization and renewable energy consumption in the emerging ASEAN markets: A comparison between short and long-run effects. *Heliyon*, 10(9), e30243. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30243>

Wang, Z., Le Hoa Pham, T., Wang, B., Hashemizadeh, A., Bui, Q., & Nawarathna, C. L. K. (2022). The simultaneous impact of education and financial development on renewable energy consumption: an investigation of Next-11 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(56), 85492–85509. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21330-7>

World Bank. (2017). Opportunities and challenges of urbanization: planning for an unprecedented future. *DEC Policy Research Talk*, 1–66. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/222211507127113490-0050022017/>

Xuan, P., Ngoc, V., Thi, N., & Thu, P. (2024). Journal of Open Innovation : Technology , Market , and Complexity Determinants of renewable energy consumption in the Fifth Technology Revolutions : Evidence from ASEAN countries. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(1), 100190. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100190>

- Yang, J., Zhang, W., & Zhang, Z. (2016). Impacts of urbanization on renewable energy consumption in China. *Journal of Cleaner Production*, 114, 443–451. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.158>
- Zafar, M. W., Shahbaz, M., Sinha, A., Sengupta, T., & Qin, Q. (2020). How renewable energy consumption contribute to environmental quality? The role of education in OECD countries. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122149. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122149>
- Zhang, M., Zhang, S., Lee, C. C., & Zhou, D. (2021). Effects of trade openness on renewable energy consumption in OECD countries: New insights from panel smooth transition regression modelling. *Energy Economics*, 104(October), 105649. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105649>
- Zhao, P., & Zhang, M. (2018). The impact of urbanisation on energy consumption: A 30-year review in China. *Urban Climate*, 24(November 2017), 940–953. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.11.005>
- Zoundi, Z. (2017). CO2 emissions, renewable energy and the Environmental Kuznets Curve, a panel cointegration approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72(July 2016), 1067–1075. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.018>