

Analisis Dampak Struktur Ekonomi, Energi, Dan Emisi Karbon Dioksida Terhadap Pembangunan Berkelanjutan: Pendekatan SYS-GMM Di Negara Berkembang

Aura Paramita Putri^{1*)}

¹PT Shopee International Indonesia, Jakarta, Indonesia

*)Corresponding author: auramitaputri@gmail.com

Abstract

This study examines the effects of economic structure (agriculture, industry, and services), energy (non-renewable and renewable), and carbon dioxide (CO₂) emissions on Adjusted Net Savings (ANS) as an indicator of sustainable development in developing countries. ANS reflects net wealth accumulation by accounting for human capital investment, natural resource depletion, and environmental degradation. The study uses panel data from 55 developing countries from 2000–2020 and applies the System Generalized Method of Moments (System-GMM) to address endogeneity. The results show that the agricultural sector not significant effect on ANS, while the industrial sector positive significant, and the services sector has a negative significant. Non-renewable energy has a positive significant, while renewable energy shows a positive but non-significant effect. CO₂ emissions have a negative significant effect. Control variables such as GDP per capita and Foreign Direct Investment have positive significant effects, while Human Capital is not significant. These findings emphasize the importance of energy policy reform and sustainable industrial development to support environmentally inclusive economic growth.

Keywords: *Adjusted Net Savings; Carbon Dioxide Emissions; Economic Structure; Sustainable Development; System-GMM*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh struktur ekonomi (pertanian, industri, dan jasa), energi (tidak terbarukan dan terbarukan), serta emisi karbon dioksida (CO₂) terhadap *Adjusted Net Savings* (ANS) sebagai indikator pembangunan berkelanjutan di negara berkembang. ANS dipilih karena mencerminkan akumulasi kekayaan bersih dengan memperhitungkan investasi modal manusia, deplesi sumber daya alam, dan degradasi lingkungan. Studi ini menggunakan data panel dari 55 negara berkembang periode 2000–2020 dan diestimasi dengan metode *System Generalized Method of Moments* (System-GMM) untuk mengatasi potensi endogenitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sektor pertanian tidak berpengaruh signifikan terhadap ANS, sektor industri berpengaruh positif signifikan, dan jasa berpengaruh negatif signifikan. Energi tidak terbarukan berpengaruh positif signifikan, sedangkan energi terbarukan berpengaruh positif namun tidak signifikan. Emisi CO₂ berpengaruh negatif signifikan terhadap ANS. Selain itu, variabel kontrol seperti PDB per kapita dan investasi asing langsung berpengaruh positif signifikan, sementara modal manusia tidak signifikan. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya reformasi kebijakan sektor energi dan pembangunan sektor industri yang berkelanjutan dalam mendukung pertumbuhan ekonomi yang ramah lingkungan.

Kata kunci: Energi; Emisi Karbon Dioksida; Pembangunan Berkelanjutan; Struktur Ekonomi; *System-GMM*

Pendahuluan

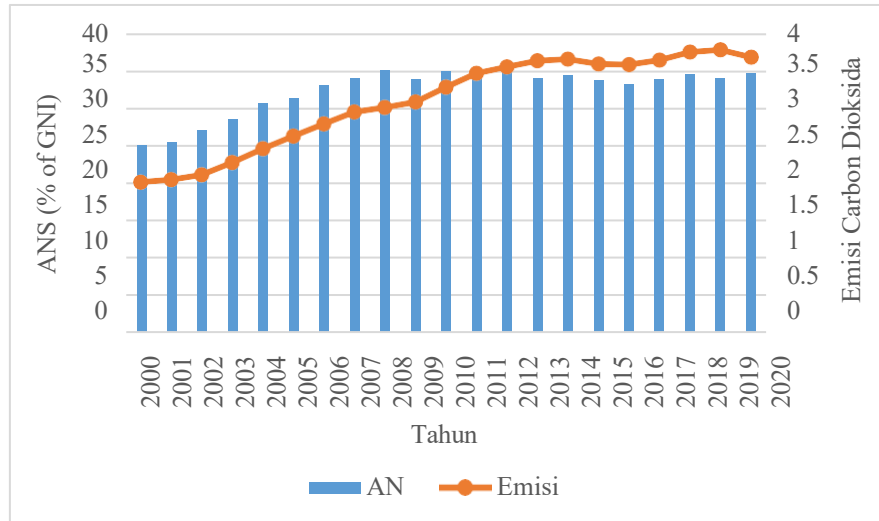
Pembangunan berkelanjutan telah menjadi agenda global sejak ditetapkan Agenda 2030 dan 17 Sustainable Development Goals (SDGs), yang menekankan keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, perlindungan lingkungan, dan inklusi sosial (United Nations, 2015). Namun, pencapaian pembangunan berkelanjutan masih menghadapi tantangan, terutama di negara berkembang yang perlu menyeimbangkan kebutuhan pertumbuhan ekonomi, pengurangan kemiskinan, dan perlindungan lingkungan. Ketergantungan terhadap eksploitasi sumber daya alam dan energi tidak terbarukan menyebabkan pertumbuhan ekonomi di sejumlah negara berkembang cenderung bersifat intensif karbon, sehingga meningkatkan tekanan terhadap lingkungan dan memperbesar risiko penurunan keberlanjutan pembangunan (IPCC, 2022; IEA, 2023). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi yang tinggi belum tentu mencerminkan peningkatan kesejahteraan dan keberlanjutan dalam jangka panjang.

Pengukuran pembangunan yang hanya menggunakan Produk Domestik Bruto (PDB) memiliki keterbatasan karena tidak memperhitungkan deplesi sumber daya alam, kerusakan lingkungan, dan perubahan kualitas modal manusia (Stiglitz et al., 2009). Oleh karena itu, diperlukan indikator yang mampu merepresentasikan pembangunan secara lebih komprehensif. *Adjusted Net Savings* (ANS) merupakan salah satu indikator yang dikembangkan World Bank untuk mengukur perubahan kekayaan bersih dengan memperhitungkan depresiasi modal fisik, investasi pendidikan, deplesi sumber daya alam, dan kerusakan lingkungan (Hamilton & Clemens, 1999). Dengan karakteristik tersebut, ANS dapat memberikan gambaran yang lebih luas mengenai keberlanjutan pembangunan dan kapasitas suatu negara dalam mempertahankan kesejahteraan antargenerasi yang tidak hanya menilai penciptaan output ekonomi, tetapi juga mempertimbangkan keberlanjutan. Dalam konteks negara berkembang, tren ANS yang menurun setelah 2010, bersamaan dengan meningkatnya tekanan lingkungan, menunjukkan pentingnya mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keberlanjutan pembangunan.

Salah satu faktor yang berpotensi memengaruhi ANS adalah struktur ekonomi. Transformasi struktural dari sektor pertanian menuju industri dan jasa dapat mengubah pola produksi, penggunaan energi, produktivitas, serta tekanan lingkungan. Sektor pertanian memiliki keterkaitan erat dengan penggunaan lahan dan sumber daya alam, sedangkan sektor industri umumnya memiliki intensitas energi dan sumber daya yang lebih tinggi. Di sisi lain, sektor jasa secara teoritis memiliki intensitas material dan energi yang relatif lebih rendah. Perubahan kontribusi sektor pertanian, industri, dan jasa terhadap perekonomian negara berkembang menunjukkan adanya transformasi struktural, tetapi pergeseran tersebut belum secara otomatis menghasilkan peningkatan keberlanjutan. Dengan demikian, pengaruh masing-masing sektor terhadap ANS perlu dianalisis secara terpisah karena karakteristik dan intensitas penggunaan sumber daya yang berbeda (Deichmann et al., 2018; Zhou et al., 2021).

Selain struktur ekonomi, komposisi energi menjadi faktor penting dalam menentukan keberlanjutan pembangunan. Negara berkembang masih memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap energi tidak terbarukan seperti batu bara, minyak,

dan gas alam. Penggunaan energi tersebut dapat mendukung aktivitas produksi dan meningkatkan output ekonomi dalam jangka pendek, tetapi juga berpotensi meningkatkan deplesi sumber daya dan tekanan lingkungan. Sebaliknya, energi terbarukan merupakan bagian penting dari proses transisi menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan. Namun, perkembangan energi terbarukan di negara berkembang masih menghadapi berbagai keterbatasan, sehingga kontribusinya terhadap keberlanjutan pembangunan perlu dikaji secara empiris. Hubungan antara struktur ekonomi dan komposisi energi juga menunjukkan bahwa perubahan sektor produksi dapat memengaruhi kebutuhan energi dan pada akhirnya menentukan tekanan lingkungan.



Gambar 1. Tingkat Emisi CO₂ (Ton) dan ANS di Negara Berkembang

Sumber: World Bank (2023)

Tekanan lingkungan tersebut tercermin melalui emisi karbon dioksida (CO₂). Peningkatan penggunaan energi berbasis fosil, khususnya dalam aktivitas industri dan pembangkitan energi, berkontribusi terhadap peningkatan emisi CO₂. Dalam kerangka ANS, degradasi lingkungan akibat emisi merupakan salah satu komponen yang mengurangi tabungan nasional yang telah disesuaikan. Oleh karena itu, peningkatan emisi CO₂ berpotensi menurunkan ANS dan mencerminkan berkurangnya kapasitas keberlanjutan ekonomi dan ekologis (World Bank, 2018; Lange et al., 2018). Fenomena peningkatan emisi CO₂ yang berlangsung bersamaan dengan penurunan ANS di negara berkembang semakin memperkuat pentingnya menganalisis keterkaitan antara struktur ekonomi, energi, dan emisi dalam satu kerangka pembangunan berkelanjutan.

Hubungan antara struktur ekonomi, energi, emisi, dan pembangunan telah banyak dikaji dalam literatur sebelumnya, tetapi sebagian besar penelitian masih membahas hubungan antarvariabel secara bilateral atau menggunakan indikator pembangunan konvensional, seperti pertumbuhan PDB. Sementara itu, kajian yang secara simultan menempatkan struktur ekonomi sektoral, komposisi energi, dan emisi CO₂ sebagai determinan pembangunan berkelanjutan yang diukur melalui *Adjusted Net Saving* (ANS), khususnya pada negara berkembang, masih relatif terbatas. Berbeda dari studi terdahulu yang cenderung menganalisis aspek ekonomi, energi, atau lingkungan secara terpisah,

penelitian ini mengintegrasikan ketiga dimensi tersebut dalam satu kerangka analisis dengan menggunakan ANS sebagai indikator pembangunan berkelanjutan.

Penggunaan ANS memungkinkan penelitian ini menilai keberlanjutan pembangunan dengan mempertimbangkan perubahan modal ekonomi, deplesi sumber daya alam, dan kerusakan lingkungan, sehingga memberikan perspektif yang lebih komprehensif dibandingkan indikator pembangunan konvensional. Dengan demikian, penelitian ini tidak sekadar memperbarui periode observasi atau menerapkan kembali model terdahulu, tetapi menawarkan pendekatan empiris yang menghubungkan transformasi struktur ekonomi, komposisi energi, dan tekanan lingkungan dengan pembangunan berkelanjutan secara simultan pada negara berkembang. Selain itu, hubungan antara variabel ekonomi, energi, dan lingkungan berpotensi bersifat dinamis dan endogen, sehingga penggunaan metode regresi konvensional dapat menghasilkan estimasi yang bias. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan System Generalized Method of Moments (System-GMM) untuk menangani potensi endogenitas dan karakteristik dinamis dalam data panel (Arellano & Bond, 1991).

Untuk memperoleh estimasi yang lebih komprehensif, penelitian ini juga memasukkan PDB per kapita, Foreign Direct Investment (FDI), dan Human Capital sebagai variabel kontrol. PDB per kapita merepresentasikan kapasitas ekonomi dalam mendukung investasi dan pengelolaan sumber daya, FDI dapat memengaruhi struktur ekonomi serta efisiensi penggunaan energi, sedangkan Human Capital merepresentasikan kapasitas produktif tenaga kerja yang mendukung pertumbuhan ekonomi jangka panjang (Lange et al., 2018; Salahuddin & Gow, 2016). Dengan demikian, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh struktur ekonomi (pertanian, industri, dan jasa), energi (tidak terbarukan dan terbarukan), serta emisi CO₂ terhadap ANS di 55 negara berkembang berpendapatan menengah selama periode 2000–2020 menggunakan pendekatan System-GMM. Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya bukti empiris mengenai determinan pembangunan berkelanjutan sekaligus memberikan implikasi bagi kebijakan transformasi struktural, transisi energi, dan pengendalian emisi di negara berkembang.

Metodologi

Partisipan

Penelitian ini menggunakan data sekunder berbentuk data panel yang mencakup 27 negara berkembang dari kelompok *lower-middle income* dan 28 negara berkembang dari kelompok *upper-middle income* berdasarkan klasifikasi World Bank (2024). Sampel penelitian ini mencakup perwakilan dari berbagai kawasan, yaitu South Asia, Sub-Saharan Africa, Middle East, North Africa, Afghanistan and Pakistan, Latin America & the Caribbean, Europe and Central Asia, serta East Asia and Pacific. Pemilihan negara dilakukan berdasarkan ketersediaan data yang lengkap dan konsisten untuk seluruh variabel penelitian selama periode 2000–2020. Dengan demikian, unit analisis penelitian terdiri atas 55 negara berkembang dengan periode pengamatan selama 20 tahun. Data penelitian diperoleh dari World Bank dan International Energy Agency (IEA).

Pengukuran

Penelitian ini melibatkan 10 variabel ekonomi yang diperoleh dari sumber World Bank dan IEA, dengan sampel 55 negara berkembang dan periode pengamatan selama 20 tahun. Berikut merupakan rincian variabel yang digunakan dalam penelitian.

1. *Adjusted Net Saving*, termasuk kerusakan emisi partikel (% of GNI)
Tabungan bersih yang telah disesuaikan dengan menambahkan investasi pendidikan, dan mengurangi depresiasi modal fisik, deplesi sumber daya alam (energi, mineral, hutan), serta kerusakan lingkungan akibat emisi CO₂ dan partikel polutan.
2. Nilai sektor pertanian (*current* US\$)
Nilai sektor pertanian yang mencakup aktivitas pertanian, kehutanan, dan perikanan. Data dihitung dengan mengalikan proporsi pertanian terhadap PDB dengan nilai PDB nominal tahunan.
3. Nilai sektor industri (*current* US\$)
Nilai sektor industri yang mencakup pertambangan, manufaktur, konstruksi, dan utilitas. Dihitung dengan mengalikan proporsi industri terhadap PDB dengan nilai PDB nominal tahunan.
4. Nilai sektor jasa (*current* US\$)
Nilai sektor jasa yang mencakup perdagangan, transportasi, jasa keuangan, administrasi publik, dan layanan lainnya. Dihitung dengan mengalikan proporsi jasa terhadap PDB dengan nilai PDB nominal tahunan.
5. Energi tidak terbarukan: Konsumsi Energi Fosil (Terajoule)
Total konsumsi energi primer dari sumber fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Dihitung dari selisih antara total energi dan energi terbarukan (Tj).
6. Energi terbarukan: Konsumsi energi terbarukan (Terajoule)
Total konsumsi energi dari sumber berkelanjutan seperti tenaga surya, angin, air, dan bioenergy. Dihitung dari persen proporsi konsumsi energi terbarukan dikalikan terhadap total konsumsi energi final tahunan (Tj).
7. Emisi karbon dioksida (CO₂) per kapita, tidak termasuk LULUCF, dalam ton CO₂ ekuivalen per orang per tahun
Total emisi tahunan karbon dioksida (CO₂) dari sektor pertanian, energi, limbah, dan industri, yang telah dinyatakan dalam nilai ekuivalen karbon dioksida dan dibagi dengan jumlah penduduk suatu negara.
8. GDP per capita growth (annual %)
Nilai GDP dari persentase perubahan tahunan dari nilai PDB per kapita yang disesuaikan berdasarkan harga konstan (harga riil tahun dasar 2015), dinyatakan dalam dolar Amerika Serikat. Indikator ini mencerminkan laju peningkatan rata-rata pendapatan individu di suatu negara dari tahun ke tahun, sebagai hasil dari total produksi barang dan jasa yang dihasilkan dalam batas wilayah ekonomi suatu negara.
9. Foreign Direct Investment (FDI), arus masuk bersih (% of GDP)
Arus masuk bersih investasi dari luar negeri yang bertujuan untuk memperoleh kepemilikan atau kendali jangka panjang (setidaknya 10% saham) dalam suatu perusahaan domestik. FDI mencakup modal saham, laba yang ditanamkan kembali, dan modal lainnya, dinyatakan sebagai persentase terhadap Produk Domestik Bruto (PDB).

10. Human Capital (%)

Persentase individu usia 15+ yang aktif dalam angkatan kerja, berkontribusi terhadap produksi barang/jasa.

Analisis

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan regresi data panel dinamis melalui metode *System Generalized Method of Moments* (System-GMM). Metode ini dipilih karena model memasukkan lag variabel dependen dan terdapat potensi endogenitas serta hubungan simultan antara variabel ekonomi, energi, dan lingkungan. System-GMM yang dikembangkan oleh Arellano dan Bover (1995) serta Blundell dan Bond (1998), menggabungkan persamaan dalam bentuk *first difference* dan level sehingga dapat mengatasi keterbatasan *Difference GMM*, terutama ketika variabel bersifat persisten.

Model empiris yang digunakan untuk menguji pengaruh struktur ekonomi, konsumsi energi, dan emisi CO₂ terhadap *Adjusted Net Savings* (ANS) dirumuskan sebagai berikut:

$$ANS_{it} = a_0 + a_1ANS_{i,t-1} + \beta_1 \ln Agri_{it} + \beta_2 \ln Industry_{it} + \beta_3 \ln Service_{it} + \beta_4 \ln NonRenewable_{it} + \beta_5 \ln Renewable_{it} + \beta_6 \ln Emisi_{it} + \beta_7 GDP_{pcit} + \beta_8 FDI_{it} + \beta_9 HC_{it} + \mu_i + \epsilon_{it}$$

Keterangan:

ANS_{it}	: Nilai <i>Adjusted Net Saving</i> untuk negara ke-i pada tahun ke-t
$ANS_{i,t-1}$	: Nilai <i>Adjusted Net Saving</i> untuk negara ke-i pada tahun ke t-1
$\ln Agri_{it}$	: Logaritma natural dari nilai tambah sektor pertanian negara ke-i pada tahun ke-t
$\ln Industry_{it}$	: Logaritma natural dari nilai tambah sektor industri negara ke-i pada tahun ke-t
$\ln Service_{it}$	: Logaritma natural dari nilai tambah sektor jasa pada negara ke-i pada tahun ke-t
$\ln Non\ renewable_{it}$	: Logaritma natural dari konsumsi energi tidak terbarukan pada negara ke-i pada tahun ke-t
$\ln Renewable_{it}$	: Logaritma natural dari konsumsi energi terbarukan pada negara ke-i pada tahun ke-t
$\ln Emisi_{it}$	: Logaritma natural dari emisi karbon dioksida pada negara ke-i pada tahun ke-t
GDP_{pcit}	: <i>Gross Domestic Product per capita</i> pada negara ke-i pada tahun ke-t
FDI_{it}	: <i>Foreign Direct Investment</i> pada negara ke-i pada tahun ke-t
HC_{it}	: <i>Human Capital</i> pada negara ke-i pada tahun ke-t
i	: 55 Negara Berkembang
t	: Periode waktu 2000-2020

$t-1$	: Periode waktu ke $t-1$
μ_i	: <i>Fixed effect</i> negara
ϵ_{it}	: <i>Error term</i> yang terjadi pada negara ke- i dan tahun ke- t
α_0	: Konstanta (intersep umum)
$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_9$	: Koefisien

Hasil

Hasil Estimasi Model

Model SYS-GMM dipilih sebagai model terbaik dalam penelitian ini. Model ini dinilai paling mampu menangani bias dinamis dan *endogeneity*, serta menghasilkan estimasi yang stabil dan sesuai teori. Hasil estimasi regresi panel dinamis menggunakan metode *System GMM* (SYS-GMM) disajikan pada Tabel 1 yang menampilkan nilai koefisien dan *p-value* dari setiap variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini terhadap ANS sebagai variabel dependen.

Tabel 1. Hasil Estimasi Regresi Panel

Independen Variabel	Dependen Variabel <i>Adjusted Net Saving (ANS)</i>					
	1	2	3	4	5	6
	Coeff (<i>P-value</i>)	Coeff (<i>P-value</i>)	Coeff (<i>P-value</i>)	Coeff (<i>P-value</i>)	Coeff (<i>P-value</i>)	Coeff (<i>P-value</i>)
L.lans	0,750*** (0,000)					
lnAgriculture		0,639 (0,801)				
lnIndustry			8,106** (0,015)			
lnService				-8,337** (0,022)		
lnNon-Renewable					6,845** (0,036)	
lnRenewable						0,206 (0,944)

Putri. Analisis Dampak Struktur Ekonomi, Energi, Dan Emisi Karbon Dioksida Terhadap Pembangunan Berkelanjutan: Pendekatan SYS-GMM Di Negara Berkembang

	7	8	9	10	11
Independen Variabel	Coeff (<i>P-value</i>)	Coeff (<i>P-value</i>)	Coeff (<i>P-value</i>)	Coeff (<i>P-value</i>)	Coeff (<i>P-value</i>)
lnEmisi CO2	-7,981** (0,026)				
Gdppe		0,157* (0,095)			
FDI			0,196* (0,087)		
HC				-0,1032 (0,661)	
_cons					-80,665 (0,065)

Note: *, **, *** tingkat signifikan pada 10%, 5%, 1%. Dan nilai dalam kurung adalah *p-value*.

Berdasarkan hipotesis dalam analisis regresi, keputusan penentuan pengaruh variabel dilihat dari nilai *p-value* yang dibandingkan dengan *alpha* (0,1), (0,05), (0,01). Jika *p-value* lebih kecil dari *alpha*, maka keputusan uji adalah menolak H₀, yang berarti variabel tersebut berpengaruh signifikan terhadap ANS. Sebaliknya, jika *p-value* lebih besar dari *alpha*, maka keputusan uji adalah tidak menolak H₀, yang berarti variabel tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap ANS. Hasil estimasi menunjukkan bahwa variabel lag ANS (L1.ans) memiliki *p-value* lebih kecil dari *alpha*, sehingga keputusan uji adalah menolak H₀, yang berarti variabel ini berpengaruh positif dan signifikan terhadap ANS pada periode saat ini. Hal ini mencerminkan adanya keterkaitan yang kuat antar waktu, sehingga keberlanjutan ekonomi di masa lalu memiliki implikasi terhadap kondisi saat ini.

Variabel struktur ekonomi dimulai dari sektor pertanian menunjukkan arah positif namun tidak signifikan, sehingga belum dapat disimpulkan memiliki pengaruh yang konsisten terhadap ANS. Sektor industri berpengaruh positif signifikan terhadap ANS, yang mengindikasikan bahwa aktivitas industri di negara berkembang mendorong pembentukan tabungan nasional yang berkelanjutan. Sebaliknya, sektor jasa menunjukkan pengaruh negatif signifikan terhadap ANS, menandakan bahwa dominasi sektor jasa belum sepenuhnya berkontribusi terhadap keberlanjutan pembangunan.

Konsumsi energi tidak terbarukan juga berpengaruh positif signifikan terhadap ANS. Hal ini dapat dijelaskan karena dalam jangka pendek, sumber energi tidak terbarukan masih menjadi pendorong utama aktivitas ekonomi dan pendapatan negara. Sementara itu, konsumsi energi terbarukan tidak menunjukkan pengaruh signifikan, yang mungkin disebabkan oleh keterbatasan skala dan efisiensi implementasinya di negara berkembang. Emisi CO₂ memiliki pengaruh negatif signifikan terhadap ANS, yang konsisten dengan teori bahwa degradasi lingkungan menurunkan nilai kekayaan bersih nasional yang disesuaikan.

Pada variabel kontrol, PDB per kapita dan investasi asing langsung masing-masing berpengaruh positif signifikan terhadap ANS. Hasil ini menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi dan masuknya modal asing dapat memperkuat kapasitas pembangunan berkelanjutan di negara berkembang. Sementara itu, HC tidak

menunjukkan pengaruh signifikan terhadap ANS. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan modal manusia belum secara langsung berkontribusi pada keberlanjutan pembangunan, kemungkinan karena faktor kualitas atau distribusi pendidikan yang belum merata.

Pembahasan

Pengaruh Lag ANS terhadap ANS Saat Ini

Hasil estimasi System-GMM menunjukkan bahwa lag *Adjusted Net Savings* (ANS) berpengaruh positif dan signifikan terhadap ANS periode berjalan, dengan koefisien sebesar 0,7500 dan *p-value* 0,000. Artinya, setiap peningkatan satu poin persentase ANS pada periode sebelumnya akan meningkatkan ANS pada periode berjalan sebesar 0,7500 poin persentase. Temuan ini menunjukkan adanya persistensi ANS di negara berkembang, sehingga tingkat ANS pada suatu periode cenderung dipengaruhi oleh kondisi pada periode sebelumnya. Persistensi tersebut mencerminkan pentingnya kesinambungan akumulasi tabungan dan modal dalam mendukung pembangunan berkelanjutan.

Temuan ini sejalan dengan Hartwick Rule (Hartwick, 1977) yang menekankan pentingnya menginvestasikan kembali pendapatan dari eksploitasi sumber daya alam ke dalam modal produktif agar pembangunan dapat berlangsung secara berkelanjutan. Sejalan dengan itu, Solow (1986) menekankan bahwa akumulasi tabungan dan modal berperan dalam menjaga kesejahteraan antargenerasi. Dengan demikian, persistensi ANS menunjukkan bahwa keberlanjutan pembangunan di negara berkembang tidak hanya ditentukan oleh kondisi ekonomi saat ini, tetapi juga oleh kemampuan mempertahankan dan mengakumulasi modal dari periode sebelumnya.

Pengaruh Sektor Pertanian Terhadap ANS

Hasil estimasi System-GMM menunjukkan bahwa sektor pertanian memiliki koefisien sebesar 0,639 dengan *p-value* 0,801, sehingga berpengaruh positif tetapi tidak signifikan terhadap *Adjusted Net Savings* (ANS). Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan nilai tambah sektor pertanian belum memberikan pengaruh yang cukup kuat terhadap keberlanjutan pembangunan di negara berkembang. Meskipun demikian, sektor pertanian tetap memiliki peran penting dalam perekonomian negara berkembang karena berkontribusi terhadap ketahanan pangan, pendapatan, dan penyerapan tenaga kerja. Namun, rendahnya produktivitas, keterbatasan akumulasi modal, serta praktik pertanian yang belum sepenuhnya berkelanjutan dapat membatasi kontribusinya terhadap peningkatan ANS (Armstrong & Read, 2017).

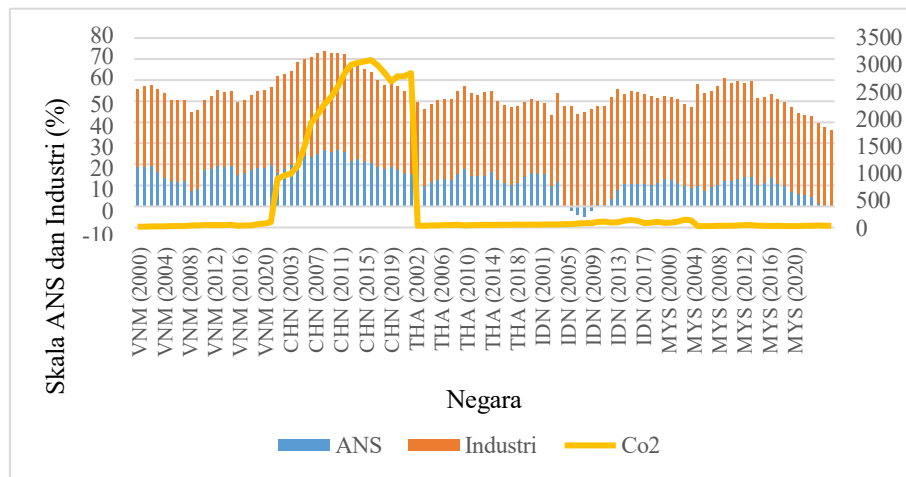
Tidak signifikannya pengaruh sektor pertanian juga dapat mencerminkan adanya dua sisi dalam aktivitas pertanian. Di satu sisi, sektor ini mendukung penghidupan dan stabilitas sosial-ekonomi, tetapi di sisi lain praktik pertanian yang ekstensif dapat meningkatkan tekanan terhadap sumber daya alam dan lingkungan. FAO (2017) menyoroti keterbatasan teknologi serta akses pendidikan dan pelatihan yang masih dihadapi petani di negara berkembang. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas

melalui teknologi, penguatan kapasitas petani, dan penerapan praktik pertanian berkelanjutan diperlukan agar transformasi sektor pertanian dapat memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap pembangunan berkelanjutan.

Pengaruh Sektor Industri Terhadap ANS

Hasil estimasi regresi menunjukkan bahwa sektor industri memiliki koefisien regresi sebesar 8,106 dengan tingkat signifikansi 5 persen ($\alpha = 0,015$). Hal ini mengindikasikan bahwa output sektor industri memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap *Adjusted Net Savings* (ANS) di negara berkembang. Artinya, apabila kontribusi sektor industri meningkat sebesar satu persen, maka nilai ANS diperkirakan akan mengalami kenaikan sebesar 0,08106 poin persen terhadap GNI, dengan asumsi *ceteris paribus*. Kontribusi positif sektor industri terhadap ANS dapat dijelaskan melalui peningkatan *Gross National Savings* (GNS), terutama jika pertumbuhan industri disertai dengan efisiensi energi, peningkatan ekspor, serta nilai tambah manufaktur. Szirmai (2015) juga menekankan peran industrialisasi yang sehat merupakan pendorong pertumbuhan ekonomi di negara berkembang karena mampu menciptakan nilai tambah yang tinggi, menyerap tenaga kerja, serta mendorong efisiensi teknis dan produktivitas industrialisasi dalam menciptakan nilai tambah, meningkatkan produktivitas, dan memperluas kesempatan kerja.

Gambar 2. mendukung temuan ini dengan menunjukkan pola hubungan yang relatif searah antara pertumbuhan sektor industri dan nilai ANS di beberapa negara berkembang seperti Vietnam, Tiongkok, dan Malaysia dimana peningkatan kontribusi industri cenderung diikuti oleh peningkatan ANS. Namun demikian, grafik juga memperlihatkan adanya variasi dalam tren emisi CO₂, yang menunjukkan bahwa pertumbuhan industri tidak selalu bebas dari tekanan lingkungan.



Gambar 2. Tren ANS dan Industri serta Emisi Co2 di Beberapa Negara Berkembang

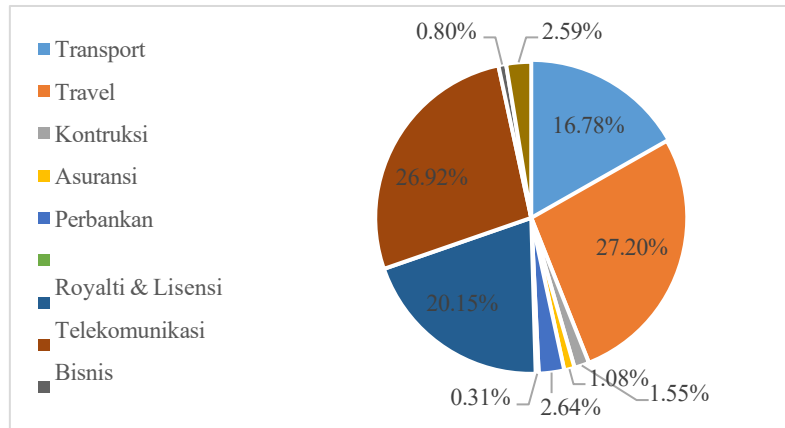
Sumber: World Bank (2021) dan World Bank (2023)

Dengan demikian, sektor industri memiliki peran strategis dalam mendorong pembangunan berkelanjutan karena kemampuannya menciptakan nilai tambah, memperluas lapangan kerja, dan memacu inovasi teknologi. Namun, tanpa pengelolaan

yang tepat, perkembangan industri berisiko meningkatkan emisi CO₂ dan menurunkan kualitas lingkungan. Dengan demikian, hasil ini menunjukkan bahwa sektor industri dapat menjadi penggerak utama pembangunan berkelanjutan apabila diarahkan secara strategis (Rodrik, 2016). Kebijakan yang mendorong transformasi industri rendah karbon, efisiensi energi, serta peningkatan kapasitas manusia dan kelembagaan menjadi kunci agar pertumbuhan sektor industri benar-benar sejalan dengan peningkatan *Adjusted Net Saving*.

Pengaruh Sektor Jasa terhadap ANS

Hasil estimasi menunjukkan bahwa sektor jasa memiliki pengaruh negatif yang signifikan terhadap *Adjusted Net Saving* (ANS), dengan koefisien sebesar (-8,337) dan tingkat signifikansi 5 persen ($\alpha = 0,022$). Artinya, apabila kontribusi sektor jasa meningkat sebesar satu persen, maka nilai ANS diperkirakan akan mengalami penurunan sebesar 0,08337 poin persen terhadap GNI, dengan asumsi *ceteris paribus*.



Gambar 3. Data Ekspor Sub-sektor Jasa di Negara Berkembang Tahun 2005-2023

Sumber: UN trade & development (2024)

Hasil ini selaras dengan temuan Eichengreen dan Gupta (2009) yang menyatakan bahwa pertumbuhan jasa di negara berkembang cenderung bersifat konsumtif, padat karya, dan tidak mencerminkan peningkatan produktivitas secara agregat. Sektor jasa di negara berkembang sering kali berkembang tanpa dukungan inovasi teknologi atau efisiensi produksi yang memadai, berbeda dengan negara maju yang sektor jasanya berbasis pengetahuan dan bernilai tambah tinggi. Menurut Bouacida dan Bouyacoub (2017), sektor jasa tertentu seperti perjalanan, transportasi, dan jasa sosial cenderung tidak menghasilkan *spillover effect* positif terhadap pertumbuhan tabungan.

Pola tersebut juga tercermin dalam struktur jasa negara berkembang. Data UNCTAD menunjukkan dominasi subsektor perjalanan, transportasi, bisnis, dan telekomunikasi dalam ekspor jasa, sementara jasa bernilai tambah tinggi seperti keuangan dan asuransi memiliki kontribusi yang relatif lebih kecil. Kondisi ini menunjukkan bahwa transformasi struktural menuju sektor jasa belum selalu disertai peningkatan kualitas dan produktivitas subsektor jasa. Sebagaimana dikemukakan World Bank (2020), daya saing sektor jasa menjadi faktor penting dalam menentukan kontribusinya terhadap kinerja ekonomi. Dengan demikian, pergeseran menuju sektor tersier perlu disertai transformasi

menuju jasa yang lebih produktif, berbasis teknologi, dan bernilai tambah tinggi agar dapat mendukung pembangunan berkelanjutan dan meningkatkan ANS.

Pengaruh Konsumsi Energi Tidak Terbarukan Terhadap ANS

Hasil estimasi regresi menunjukkan bahwa konsumsi energi tak terbarukan memiliki koefisien regresi sebesar 6,845 dengan p -value 0,036. Dengan interpretasinya setiap peningkatan 1 persen dalam konsumsi energi non-terbarukan akan meningkatkan *Adjusted Net Saving* (ANS) sebesar 0,06845 poin persen terhadap GNI, dengan asumsi ceteris paribus. Secara teoritis, energi non-terbarukan seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam tergolong sumber daya yang tidak dapat diperbarui dan menghasilkan eksternalitas negatif berupa emisi CO₂, deplesi sumber daya alam, dan kerusakan lingkungan lainnya. Oleh karena itu, sebagian besar literatur mengasumsikan bahwa konsumsi energi jenis ini cenderung menurunkan nilai ANS. Namun hasil positif dalam penelitian ini mencerminkan realitas struktural negara berkembang yang masih sangat bergantung pada energi tidak terbarukan untuk mendukung kegiatan ekonomi.

Dalam jangka pendek, konsumsi energi tak terbarukan dapat mendukung ekspansi industri, meningkatkan output, dan mendorong akumulasi tabungan domestik melalui peningkatan pendapatan. Ketergantungan tersebut masih kuat di negara berkembang, sejalan dengan tingginya proporsi energi fosil dalam bauran energi global (IEA, 2022a). Kebijakan subsidi energi di sejumlah negara berkembang, termasuk Indonesia, juga berkontribusi terhadap rendahnya harga energi domestik sehingga dapat mendorong konsumsi dan aktivitas ekonomi dalam jangka pendek.

Temuan ini sejalan dengan Güney (2019) yang menunjukkan bahwa konsumsi energi non-terbarukan berpengaruh positif dan signifikan terhadap ANS di negara berkembang. Mohammadi dan Gharibi (2022) juga menunjukkan bahwa konsumsi energi, baik terbarukan maupun tidak terbarukan, dapat mendukung pertumbuhan ekonomi. Sementara itu, El-Halaby dan Abou-Ali (2021) menemukan bahwa peningkatan konsumsi energi non-terbarukan berkaitan dengan peningkatan *Human Development Index* (HDI), yang menunjukkan peran energi dalam mendukung elektrifikasi, layanan publik, dan peningkatan standar hidup.

Namun, hubungan positif tersebut perlu dipahami dalam konteks jangka pendek. Dalam jangka panjang, konsumsi energi tak terbarukan tetap berpotensi menimbulkan deplesi sumber daya dan kerusakan lingkungan yang dapat menurunkan nilai ANS (Neumayer, 2004). Dengan demikian, temuan ini menunjukkan adanya *trade-off* antara manfaat ekonomi jangka pendek dari penggunaan energi tak terbarukan dan risiko keberlanjutan lingkungan dalam jangka panjang.

Pengaruh Konsumsi Energi Terbarukan Terhadap ANS

Hasil estimasi regresi menunjukkan bahwa konsumsi energi terbarukan memiliki koefisien positif sebesar 0,206 dengan nilai signifikansi yang tinggi (p -value = 0,944). Temuan ini mengindikasikan bahwa secara statistik variabel tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap *Adjusted Net Saving* (ANS) di negara berkembang selama periode penelitian. Meski demikian, arah koefisien yang positif tetap memberikan indikasi adanya potensi manfaat energi terbarukan sebagai transisi energi menuju pembangunan

keberlanjutan. Hal ini mendorong perlunya analisis lebih lanjut mengenai faktor yang memengaruhi efektivitas energi terbarukan dalam konteks pembangunan berkelanjutan.

Ketidaksignifikanan tersebut dapat dikaitkan dengan kondisi struktural yang memengaruhi efektivitas implementasi transisi energi di negara berkembang. Peningkatan penggunaan energi terbarukan tidak hanya bergantung pada ketersediaan sumber daya energi, tetapi juga pada kemampuan institusi dalam membentuk kebijakan, menyediakan infrastruktur pendukung, serta menciptakan lingkungan yang kondusif bagi investasi dan adopsi teknologi (Owusu & Asumadu-Sarkodie, 2016). Bukti empiris di Indonesia sebagai salah satu negara berkembang menunjukkan bahwa hambatan tata kelola dan teknologi menjadi kendala signifikan dalam pembangunan rendah karbon, dengan tata kelola diidentifikasi sebagai salah satu hambatan paling kritis dalam pengembangan energi terbarukan (Sambodo et al., 2022). Sejalan dengan temuan tersebut, Rahman dan Sultana (2022) menunjukkan bahwa efektivitas kelembagaan berpengaruh signifikan terhadap konsumsi energi terbarukan pada negara *emerging*, yang mengindikasikan bahwa kualitas institusi turut menentukan kemampuan negara dalam mengembangkan dan mengintegrasikan energi terbarukan ke dalam sistem energi.

Lebih lanjut, hubungan antara kualitas institusi dan manfaat ekonomi dari energi terbarukan tidak bersifat linear. Diallo dan Ouoba (2024) menemukan adanya *threshold effect* kualitas institusi pada 25 negara Sub-Sahara Afrika, di mana konsumsi energi terbarukan berkontribusi positif terhadap pertumbuhan ekonomi, tetapi kontribusi tersebut menjadi lebih kuat ketika kualitas institusi telah mencapai tingkat tertentu. Temuan tersebut relevan dalam menjelaskan hasil penelitian ini karena menunjukkan bahwa peningkatan penggunaan energi terbarukan dapat menghasilkan arah hubungan yang positif, tetapi dampaknya belum tentu cukup besar untuk menghasilkan perubahan pada indikator pembangunan apabila lingkungan kelembagaan yang mendukung transisi belum memadai. Dalam konteks ANS, kondisi tersebut menjadi semakin relevan karena ANS merefleksikan keberlanjutan pembangunan melalui perubahan modal ekonomi, deplesi sumber daya alam, dan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, manfaat energi terbarukan terhadap ANS bergantung tidak hanya pada peningkatan porsi dalam konsumsi energi, tetapi juga pada sejauh mana peningkatan tersebut mampu menggantikan penggunaan energi tidak terbarukan dan menghasilkan perbaikan lingkungan serta akumulasi modal yang cukup besar.

Dengan demikian, koefisien positif namun tidak signifikan pada konsumsi energi terbarukan dapat dipahami sebagai indikasi bahwa potensi kontribusi energi terbarukan terhadap pembangunan berkelanjutan telah terlihat, tetapi belum cukup kuat untuk menghasilkan perubahan ANS yang signifikan pada negara berkembang selama periode penelitian. Perbedaan kapasitas kelembagaan, kesiapan teknologi, dan efektivitas kebijakan antarnegara dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan manfaat energi terbarukan belum terealisasi secara seragam. Temuan ini menegaskan bahwa transisi menuju energi terbarukan tidak cukup diukur dari peningkatan konsumsi energi bersih, tetapi perlu disertai penguatan institusi dan kapasitas implementasi agar kontribusinya terhadap keberlanjutan pembangunan dapat semakin nyata.

Pengaruh Emisi Karbon Dioksida terhadap ANS

Hasil estimasi regresi menunjukkan bahwa emisi karbon dioksida (CO₂) memiliki koefisien sebesar (-7,981) dan *p-value* 0,026, yang artinya negatif signifikan terhadap *Adjusted Net Saving* (ANS) di negara berkembang. Artinya, setiap peningkatan emisi CO₂ sebesar 1 persen akan menurunkan nilai ANS sebesar 0,07981 persen terhadap GNI, dengan asumsi *ceteris paribus*. Temuan ini konsisten dengan kerangka konseptual ANS yang dikembangkan oleh World Bank (Hamilton & Clemens, 1999), di mana kerusakan lingkungan akibat emisi CO₂ diklasifikasikan sebagai *negative adjustment* dalam perhitungan ANS. Dengan demikian, peningkatan emisi CO₂ mencerminkan penurunan keberlanjutan pembangunan ekonomi dalam jangka panjang.

Pillarisetti (2005) menegaskan bahwa pembangunan ekonomi berbasis energi karbon intensif pada akhirnya menurunkan kapasitas keberlanjutan nasional karena meningkatnya biaya kerusakan ekologis yang tidak dikompensasi oleh tabungan atau investasi lain. Environmental Kuznets Curve (EKC) yang menyatakan bahwa pada tahap awal pembangunan, peningkatan emisi CO₂ merupakan konsekuensi dari industrialisasi dan pertumbuhan ekonomi yang belum efisien secara energi. Negara berkembang, yang masih berada dalam tahap industrialisasi awal, cenderung mengandalkan bahan bakar fosil dan memiliki standar regulasi lingkungan yang relatif lemah. Hal ini menyebabkan emisi CO₂ menjadi sumber utama tekanan terhadap modal alam, yang kemudian terefleksi dalam nilai ANS yang menurun (Stern, 2004; Akbostanci et al., 2011).

Dalam konteks negara berkembang, emisi CO₂ umumnya bersumber dari sektor industri, transportasi, dan ketenagalistrikan berbasis batu bara atau minyak. Laporan International Energy Agency (IEA, 2022b) menyebutkan bahwa sektor energi di negara-negara berpendapatan menengah menyumbang lebih dari 70% total emisi CO₂ global. Emisi CO₂ sektor energi dan industri di negara berkembang memperlihatkan peningkatan yang konsisten selama dua dekade terakhir, sejalan dengan meningkatnya konsumsi energi tak terbarukan. Hal ini memperkuat hubungan negatif yang ditemukan dalam model estimasi, di mana peningkatan emisi CO₂ secara langsung mengurangi nilai ANS melalui komponen *carbon damage* dalam perhitungan tabungan nasional bersih.

Pengaruh Produk Domestik Bruto per capita terhadap ANS

Hasil estimasi regresi menunjukkan bahwa variabel PDB per kapita memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap *Adjusted Net Saving* (ANS), dengan koefisien regresi sebesar 0,157 dan *p-value* sebesar 0,095. Artinya, setiap peningkatan PDB per kapita sebesar 1 poin persentase diperkirakan akan meningkatkan ANS sebesar 0,157 poin persentase terhadap GNI, dengan asumsi *ceteris paribus*. Temuan ini menegaskan pentingnya pertumbuhan ekonomi per kapita sebagai faktor penentu pembangunan berkelanjutan di negara berkembang.

Garg, Mittal, dan Garg (2024) yang mengevaluasi faktor determinan ANS di negara-negara G20, mereka menemukan bahwa pendapatan per kapita yang lebih tinggi secara konsisten mendorong peningkatan tabungan bersih setelah penyesuaian lingkungan. Peningkatan ini terjadi terutama melalui hal peningkatan pendidikan, efisiensi energi, dan pengurangan ketergantungan pada sektor-sektor pencemar. Sementara itu, laporan UNEP (2021) menunjukkan bahwa negara-negara dengan PDB per kapita yang

tinggi lebih mampu bertransisi ke arah ekonomi rendah karbon. Hal ini disebabkan oleh kapasitas fiskal dan teknologi yang lebih besar. Pertumbuhan PDB per kapita tidak hanya berperan sebagai mesin pembangunan ekonomi, tetapi juga mendukung akumulasi modal yang berkelanjutan. Dengan demikian, peningkatan pendapatan per kapita berkontribusi pada peningkatan ANS tanpa mengorbankan keberlanjutan lingkungan jangka panjang

Pengaruh FDI terhadap ANS

Hasil estimasi regresi menunjukkan bahwa variabel FDI memiliki koefisien positif sebesar 0,196 dengan *p-value* sebesar 0,087, yang berarti signifikan positif. Artinya, setiap peningkatan 1 persen dalam FDI diperkirakan akan meningkatkan *Adjusted Net Saving* (ANS) sebesar 0,196 persen terhadap GNI, dengan asumsi *ceteris paribus*. Peningkatan arus investasi asing langsung dapat mendorong peningkatan tabungan bersih yang disesuaikan, serta berkontribusi terhadap keberlanjutan pembangunan ekonomi. Temuan ini menegaskan peran FDI sebagai pendorong penting bagi pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

Data dari UNCTAD (2024) mencatat peningkatan arus FDI ke negara berkembang sebesar 7% pada tahun 2023, dengan sebagian besar mengalir ke sektor-sektor strategis yang mendukung pembangunan berkelanjutan. Dengan demikian, meskipun berperan sebagai variabel kontrol dalam model estimasi, pengaruh signifikan FDI terhadap ANS menunjukkan bahwa arus investasi asing tetap memegang peran penting dalam memperkuat fondasi keberlanjutan fiskal dan lingkungan di negara berkembang. Hal ini menegaskan pentingnya kebijakan yang mendorong investasi asing berkualitas untuk mencapai pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan.

Pengaruh Human Capital (HC) terhadap ANS

Hasil estimasi regresi menunjukkan bahwa variabel HC dari partisipasi angkatan kerja yang diukur sebagai persentase individu usia 15 tahun ke atas yang aktif secara ekonomi memiliki koefisien negatif sebesar (-0,1032), dengan *p-value* sebesar 0,661, sehingga secara statistik tidak signifikan terhadap *Adjusted Net Saving* (ANS). Secara teori, tingkat partisipasi tenaga kerja yang lebih tinggi diharapkan memperkuat akumulasi modal melalui peningkatan produksi dan potensi tabungan nasional. Namun, realitas di negara berkembang menunjukkan bahwa angka partisipasi yang tinggi belum tentu sejalan dengan produktivitas atau kualitas tenaga kerja.

Data dari World Bank (2023) menunjukkan bahwa rata-rata partisipasi angkatan kerja di negara berkembang berkisar antara 60–65 %, namun produktivitas diukur dari output per pekerja masih jauh di bawah level negara maju. Hal ini disebabkan oleh tingginya proporsi pekerjaan informal dan kurangnya akses terhadap pendidikan dan pelatihan berkualitas. Rendahnya investasi dalam pendidikan dan pelatihan menyebabkan keterbatasan dalam pembentukan modal manusia yang efektif, yang merupakan komponen utama dalam perhitungan ANS (Hamilton & Clemens, 1999). Temuan ini menunjukkan bahwa kebijakan pembangunan modal manusia harus menekankan pada kualitas dan produktivitas, bukan hanya jumlah tenaga kerja yang aktif

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada struktur ekonomi, sektor pertanian berpengaruh positif namun tidak signifikan terhadap ANS, mencerminkan kontribusi terbatas akibat produktivitas rendah dan metode tradisional. Sektor industri berpengaruh positif signifikan, menandakan peran industrialisasi dalam meningkatkan akumulasi modal. Sedangkan sektor jasa berpengaruh negatif signifikan, menunjukkan kontribusi belum optimal karena dominasi sektor informal. Pada aspek energi dan lingkungan, energi non-terbarukan berpengaruh positif signifikan, mengindikasikan peran dominannya dalam pembangunan meski berisiko bagi lingkungan. Energi terbarukan berpengaruh positif namun tidak signifikan akibat keterbatasan infrastruktur dan efisiensi teknologi. Sementara emisi CO₂ berpengaruh negatif signifikan, menegaskan dampak degradasi lingkungan terhadap keberlanjutan. Variabel kontrol menunjukkan bahwa PDB per kapita dan FDI berpengaruh positif signifikan, mendukung peningkatan kapasitas investasi berkelanjutan, sedangkan HC berpengaruh negatif tidak signifikan, menandakan kualitas SDM belum memadai untuk mendorong keberlanjutan. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa upaya mendorong pembangunan berkelanjutan tidak cukup hanya dengan mendorong pertumbuhan ekonomi atau industrialisasi. Diperlukan kebijakan yang terintegrasi, yang mencakup transformasi struktural yang inklusif, transisi energi yang adil, dan penguatan kualitas sumber daya manusia. Tanpa itu, peningkatan ANS sebagai indikator keberlanjutan akan sulit dicapai secara merata di negara berkembang.

Saran

Berdasarkan kesimpulan tersebut, maka disampaikan beberapa saran kebijakan dan penelitian lanjutan sebagai berikut. Pertama, transisi sektoral yang terencana dan berbasis produktivitas berkelanjutan. Negara-negara berkembang perlu merancang strategi transisi sektoral yang tidak hanya berfokus pada pergeseran kontribusi sektor pertanian menuju sektor industri dan jasa, tetapi juga memperhatikan kualitas dan keberlanjutan dari sektor-sektor tersebut. Temuan bahwa sektor industri berpengaruh positif terhadap ANS menandakan pentingnya industrialisasi yang ramah lingkungan dan efisien terhadap sumber daya. Sebaliknya, sektor jasa menunjukkan pengaruh negatif terhadap ANS, maka peningkatan sektor jasa harus disertai dengan reformasi struktural agar lebih produktif dan tidak eksploitatif terhadap lingkungan misalnya dengan mendorong jasa berbasis teknologi, jasa keuangan berkelanjutan, atau pariwisata ekologi. Pemerintah juga perlu memastikan bahwa transformasi sektoral dapat menghasilkan lapangan kerja berkualitas tanpa menambah tekanan terhadap lingkungan.

Kedua, transisi energi menuju sumber terbarukan perlu ditingkatkan. Energi tidak terbarukan masih menjadi pendorong utama pembangunan, sedangkan kontribusi energi terbarukan terhadap ANS belum signifikan. Hal ini mencerminkan bahwa transisi energi belum berjalan efektif dan perlunya strategi yang lebih efektif dalam memperluas pemanfaatan energi terbarukan, seperti peningkatan investasi pada infrastruktur energi bersih, riset dan pengembangan teknologi rendah emisi, serta penetapan target pengurangan emisi CO₂ yang realistis.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan variabel dengan memasukkan indikator makroekonomi seperti keterbukaan perdagangan (*trade openness*), inflasi, suku bunga, dan variabel pendukung lainnya, yang dapat berperan penting dalam mempengaruhi keberlanjutan.

Referensi

- Akbostanci, E., Türüt-Aşık, S., & Tunc, G. I. (2011). Environmental performance and income: Evidence from the OECD countries. *Ecological Economics*, 67(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.11.009>
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The Review of Economic Studies*, 58(2), 277–297. <https://doi.org/10.2307/2297968>
- Arellano, M., & Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of Econometrics*, 68(1), 29–51. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01642-D](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01642-D)
- Armstrong, H., & Read, R. (2017). The contribution of agriculture to economic growth and poverty reduction: Issues and challenges. *Journal of Agricultural Economics*, 68(1), 3–22. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12189>
- Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87(1), 115–143. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00009-8)
- Bouacida, M., & Bouyacoub, Y. (2017). The impact of services sector on economic growth: Evidence from emerging countries. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 7(3), 238–244.
- Deichmann, U., Reuter, A., Vollmer, S., & Zhang, F. (2018). *Relationship between energy intensity and economic growth: New evidence from a multi-country multi-sector data set* (Policy Research Working Paper No. 8322). World Bank. <https://hdl.handle.net/10986/29288>
- Diallo, S., & Ouoba, Y. (2024). Effect of renewable energy on economic growth in sub-Saharan Africa: Role of institutional quality. *Sustainable Development*, 32(4), 3455–3470. <https://doi.org/10.1002/sd.2855>
- Eichengreen, B., & Gupta, P. (2009). The service sector as India's road to economic growth. *Oxford Review of Economic Policy*, 25(3), 344–354. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grp023>
- El-Halaby, M. A., & Abou-Ali, H. M. (2021). Energy consumption and human development: Evidence from Egypt. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 101488. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101488>
- Food and Agriculture Organization. (2017). *The future of food and agriculture – Trends and challenges*. FAO. <http://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>
- Garg, S., Mittal, S., & Garg, A. (2024). Navigating the path for economic resilience and sustainable economic growth: Empirical insight from G-20 nations. *Sustainable*

- Futures*, 8, 100338. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100338>
- Güney, T. (2019). Renewable energy, non-renewable energy and sustainable development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(5), 389–397. <https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1570983>
- Hamilton, K., & Clemens, M. (1999). Genuine savings rates in developing countries. *The World Bank Economic Review*, 13(2), 333–356. <https://doi.org/10.1093/wber/13.2.333>
- Hartwick, J. M. (1977). Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. *The American Economic Review*, 67(5), 972–974.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Summary for policymakers. In *Climate change 2022: Mitigation of climate change* (pp. 3–48). <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
- International Energy Agency. (2022a). *Energy efficiency 2022*. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>
- International Energy Agency. (2022b). *World energy outlook 2022*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- Lange, G.-M., Wodon, Q., & Carey, K. (2018). *The changing wealth of nations 2018: Building a sustainable future*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1046-6>
- Mohammadi, H., & Gharibi, A. (2022). The impact of renewable and non-renewable energy consumption on economic growth: Evidence from panel data analysis. *Energy Reports*, 8, 4022–4033. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.06.034>
- Neumayer, E. (2004). Sustainability and well-being indicators. *Journal of Environment and Development*, 13(4), 414–436.
- Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Engineering*, 3(1), 1167990. <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990>
- Pillarisetti, J. R. (2005). The World Bank's "genuine savings" measure and sustainability. *Ecological Economics*, 55(4), 599–609.
- Rahman, M. M., & Sultana, N. (2022). Impacts of institutional quality, economic growth, and exports on renewable energy: Emerging countries perspective. *Renewable Energy*, 189, 938–951. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.034>
- Salahuddin, M., & Gow, J. (2016). Environmental degradation, health and agricultural productivity nexus: Cointegration and causality analysis in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 1488–1496. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.265>
- Sambodo, M. T., Yuliana, C. I., Hidayat, S., Novandra, R., Handoyo, F. W., Farandy, A. R., Inayah, I., & Yuniarti, P. I. (2022). Breaking barriers to low-carbon development in Indonesia: Deployment of renewable energy. *Heliyon*, 8(4), e09304. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09304>
- Solow, R. M. (1986). On the intergenerational allocation of natural resources. *Scandinavian Journal of Economics*, 88(1), 141–149.
- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439.

<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>

- Stiglitz, J. E., Sen, A., & Fitoussi, J.-P. (2009). *Report by the commission on the measurement of economic performance and social progress*. Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/118025/118123/Fitoussi+Commission+Report>
- Szirmai, A., & Verspagen, B. (2015). Manufacturing and economic growth in developing countries, 1950–2005. *Structural Change and Economic Dynamics*, 34, 46–59. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2015.06.002>
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- United Nations Conference on Trade and Development. (2024). *UNCTADstat data insights*. <https://unctad.org/statistics>
- World Bank. (2018). *The changing wealth of nations 2018: Building a sustainable future*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1046-6>
- World Bank. (2021a). *The changing wealth of nations 2021: Managing assets for the future*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1600-0>
- World Bank. (2021b). *Adjusted net savings*. World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.ADJ.SVNG.GN.ZS>
- World Bank. (2023). *Adjusted net savings, including particulate emission damage (% of GNI)*. World Development Indicators. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.ADJ.SVNG.GN.ZS>
- World Bank. (2024). *Country climate and development reports (CCDRs): Integrating climate and development diagnostics*. <https://www.worldbank.org/en/publication/country-climate-development-reports>
- Zhou, J., Ma, Z., Wei, T., & Li, C. (2021). Threshold effect of economic growth on energy intensity: Evidence from 21 developed countries. *Energies*, 14(14), 4199. <https://doi.org/10.3390/en14144199>