

**Analisis Keberlanjutan Lingkungan Melalui Capaian
Pertumbuhan Ekonomi dan Energi Terbarukan di Indonesia**

Nadira Rahmandani¹ Raditya Sukmana^{2*}
Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Airlangga^{1,2},
Email : nananadiraa@gmail.com
Corresponding author : raditya-s@feb.unair.ac.id*

Abstract

This study aims to determine the effect of economic growth and renewable energy on environmental sustainability in Indonesia. By applying the VECM analysis technique and data from 1990-2018 it was found that in the long term economic growth, renewable energy and natural resource extraction have an effect on environmental sustainability. The use of ecological footprint indicators is the main focus in this study because there are still very few studies that describe environmental sustainability in Indonesia from the perspective of the ecological footprint. This research provides impetus for the government to continue to strive for better renewable energy by seeing how important it is for environmental sustainability in Indonesia.

Keywords: *Economic Growth, Renewable Energy, Environmental Sustainability, Ecological Footprint*

1. Pendahuluan

Aktivitas manusia merupakan hal yang berbahaya bagi sistem ekologi, sumber pangan, air, kebutuhan energi, udara bersih dan infratraktur. Penggunaan sumberdaya dari bumi oleh manusia telah melebihi kapasitas yang mampu ditampung oleh bumi. Kebutuhan manusia atas air bersih, energi, dan infrastruktur canggih memicu tekanan ekologis, mendorong emisi berbahaya, pengikisan sumberdaya dan distorsi lingkungan. Jejak ekologis menjadi indikator yang tepat dalam mengukur aset ekologis yang dibutuhkan populasi tertentu untuk menghasilkan sumberdaya alam yang dikonsumsi dan menyerap kembali limbah yang dihasilkan, terutama emisi karbon. Jejak ekologis menggabungkan enam aspek penggunaan lahan produktif yakni tanah, hutan, persawahan, ladang, jejak karbon, dan laut. Oleh karena itu, jejak ekologis lebih mampu menggambarkan perubahan iklim dengan lebih kompleks dengan memasukkan struktur penggunaan

tanah, emisi karbon dioksida, dan penggundulan hutan (I. Khan et al., 2022).

Semua jenis sumber energi tentu memiliki dampak lingkungan. Energi tak terbarukan seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam lebih membahayakan daripada sumber energi terbarukan seperti air dan angin. Energi tak terbarukan dapat membahayakan lingkungan seperti tercemarnya aliran air dan polusi udara yang dapat membahayakan kesehatan, hilangnya habitat hewan liar, serta *global warming*. Seberapa besar dampak lingkungan tersebut bergantung dari seberapa mutakhirnya penggunaan teknologi, area geografis, dan faktor alternatif lainnya.

Pertumbuhan ekonomi yang semakin baik tentu tidak bisa dilepaskan dari permasalahan kerusakan lingkungan dan penggunaan energi. Di satu sisi berusaha untuk tetap mempertahankan pertumbuhan ekonomi sementara disisi lain belum mampu untuk berpindah dari energi yang merusak lingkungan ke energi terbarukan. Tanpa disadari pertumbuhan ekonomi yang sangat pesat ini membawa tantangan baru terhadap bagaimana kita memberikan keberlanjutan bagi lingkungan yang kita tinggali dengan semakin tak terhindarinya polusi karbon yang ada.

Dalam satu dekade terakhir ini, Indonesia terus mengalami pertumbuhan ekonomi dengan rata-rata pertumbuhan 5,3% tiap tahunnya. Hal itu juga diikuti oleh meningkatnya kebutuhan energi dalam negeri sebanyak 1525 juta berel minyak di tahun 2013 dihitung dari 1111 juta berel minyak pada tahun 2000, dengan rata-rata pertumbuhan tiap tahunnya sebesar 2,5% (BPS, 2022). Sementara, emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari pemanasan bahan bakar fosil juga mengalami peningkatan dengan rata-rata pertumbuhan pertahunnya sebesar 3,9%. Terakhir dilihat dari ketersediaan sumberdaya alam dalam menampung populasi di suatu wilayah tertentu, kapasitas biologis Indonesia juga terus mengalami penurunan hingga saat ini Indonesia termasuk kedalam deretan negara yang mengalami defisit kapasitas biologis sebesar 0,5GHA (Global Footprint Network, 2022).

Kondisi kelestarian lingkungan yang buruk dan perubahan iklim serta dorongan masyarakat dunia untuk terus menjaga keberlanjutan bumi, menyebabkan pemerintah terus beradaptasi untuk ikut dalam salah satu capaian dunia. Persatuan Bangsa Bangsa telah menetapkan 17 tujuan pembangunan berkelanjutan, beberapa yang sejalan dalam topik ini adalah bagaimana usaha masyarakat dunia untuk turut

serta menangani perubahan iklim, menjaga keberlangsungan ekosistem di darat dan tersedianya energi bersih dan terjangkau (United Nation, 2022). Untuk mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan, pemerintah menetapkan target sendiri yakni tercapainya kontribusi energi terbarukan dalam total bauran energi sebesar 23% di tahun 2025 dan Indonesia *zero-emission* di tahun 2050 (Kementrian ESDM, 2019). Berbagai usaha dilakukan pemerintah untuk bisa mencapai target bauran energi terbarukan antara lain memberikan jalur yang lebih mudah bagi masuknya investasi sektor energi terbarukan. Namun hal itu juga mengalami perlambatan, setahun belakangan ini investasi energi terbarukan hanya menerima sebesar 1,1 miliar dolar AS atau hanya sebesar 30% dari total investasi di sektor listrik (IESR,2022).

Berbagai studi telah dilakukan guna mengetahui hubungan pertumbuhan ekonomi, keberlanjutan lingkungan dan energi terbarukan. Hal ini merujuk pada teori kurva *environmental kuznets* yang menyatakan hubungan antara perkembangan ekonomi dan kualitas lingkungan digambarkan dalam kurva U terbalik. Hipotesis ini menyatakan bahwa kualitas lingkungan akan memburuk karena tingginya emisi karbon dari intensitas penggunaan energi kotor. Dalam jangka panjang ketika perekonomian negara telah mencapai tingkat pendapatan yang optimal maka kualitas lingkungan juga akan membaik.

Penelitian ini akan mengevaluasi bagaimana capaian pertumbuhan ekonomi dan energi terbarukan mempengaruhi keberlanjutan lingkungan ada di Indonesia. Berlimpahnya sumberdaya alam di Indonesia menyebabkan pemerintah memaksimalkan sektor pertambangan tanpa adanya reklamasi daerah tambang yang proporsional. Selain itu, sektor industri sebagai terbesar penyumbang PDB masih menggunakan sumber energi tak ramah lingkungan dan kasus-kasus buruknya suatu perusahaan dalam mengurus limbahnya menjadi permasalahan yang terus menerus dijumpai. Penelitian ini akan memberikan gambaran yang tepat bagaimana hubungan pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan khususnya bagi Indonesia dengan menggunakan *Vector Error Correction Model*. Sejauh pengetahuan penulis, ini akan menjadi penelitian pertama yang khusus membahas pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan di Indonesia. Penelitian ini akan memberikan kontribusi bagi studi terhadap pertumbuhan

ekonomi, energi terbarukan dan keberlanjutan lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga membahas keberlanjutan lingkungan dengan indikator *ecological footprint* dimana masih jarang digunakan.

Berikut ini dijelaskan tinjauan pustaka dan hubungan antar variabel yang akan dibahas dalam penelitian.

1.1. Teori Kurva Environment Kuznets

Kurva Environment Kuznets merupakan turunan dari kurva Kuznets yang menggambarkan kurva berbentuk U terbalik atas keterkaitan antara ketidakseimbangan pendapatan dan pertumbuhan ekonomi. Hipotesis EKC menyatakan bahwa hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan kerusakan lingkungan mengikuti kurva berbentuk U terbalik. Ini menunjukkan bahwa setelah melebihi tingkat tertentu produk domestik bruto (PDB) per kapita, tren peningkatan kerusakan lingkungan akan berbalik sehingga PDB per kapita yang lebih tinggi mengarah pada pemulihan lingkungan yang membalikkan kerusakan lingkungan yang terjadi pada tahap awal pembangunan ekonomi (Yao et al., 2019).

Pada bagian ini penulis akan mengklasifikasikan studi-studi sebelumnya dengan tiga bagian dengan mempertimbangkan hubungan keberlanjutan lingkungan dan pertumbuhan ekonomi serta keberlanjutan lingkungan dan energi terbarukan

1.2. Hubungan Keberlanjutan Lingkungan dan Pertumbuhan Ekonomi

Studi yang membahas keberlanjutan lingkungan dan pertumbuhan ekonomi yang ada umumnya bervariasi pada penggunaan indikator untuk keberlanjutan lingkungan. Beberapa ada yang menggunakan emisi karbon layaknya tema lingkungan pada umumnya. Kebanyakan penelitian membahas bagaimana pertumbuhan ekonomi mempengaruhi degradasi lingkungan yang diwakilkan oleh penggunaan indikator emisi karbon. Penelitian yang dilakukan oleh (Singhania & Saini, 2020) menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi yang tinggi dan konsumsi energi merupakan penyebab utama dari beberapa variabel lainnya yang menyebabkan degradasi lingkungan di India. Penelitian yang dilakukan terhadap hampir seluruh negara di dunia sejumlah 193 negara menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi secara signifikan meningkatkan emisi karbon (S. Khan et

al., 2019). Penelitian yang dilakukan dengan teknik *generalized method of moment* (GMM) dilakukan untuk tiap variabel yang dipilih, sehingga dari penelitian ini juga ditemukan bahwa emisi karbon secara signifikan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi. Temuan tersebut juga didukung oleh temuan sebelumnya oleh (Muhammad, 2019) yang dilakukan pada kelompok negara berkembang dan negara wilayah MENA. Penelitian terbaru dari (Miao et al., 2022) menggunakan panel data dari kelompok negara industri baru dengan teknik analisis *method of moment quantile regression* (MMQR), menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi mendorong peningkatan *ecological footprint*. Hipotesis EKC juga terbukti ada pada penelitian ini oleh karena itu, menurutnya kebijakan pajak karbon yang tepat lebih dianjurkan daripada mengurangi output dalam perekonomian.

1.3. Hubungan Energi Terbarukan dan Pertumbuhan Ekonomi

Studi yang membahas hubungan energi terbarukan dan pertumbuhan ekonomi umumnya dilakukan untuk menguji empat hipotesa yang umumnya sering ditemui pada topik konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi. Pertama, hipotesa dua arah antara pertumbuhan ekonomi dan energi terbarukan. Kedua, hipotesa pertumbuhan yang menyatakan hubungan satu arah dari energi terbarukan ke pertumbuhan ekonomi. Ketiga, hipotesa konservatif yang menyatakan hubungan satu arah dari pertumbuhan ekonomi ke energi terbarukan. Terakhir hipotesis netral yang berarti kedua variabel tersebut tidak saling mempengaruhi.

Studi yang dilakukan untuk Jerman dengan data dari 1971Q1 – 2013QIV menemukan bahwa energi terbarukan terbukti mendorong pertumbuhan ekonomi (Rafindadi & Ozturk, 2016). Penelitian tersebut kemudian diperkuat dengan adanya penelitian terbaru oleh (Radmehr et al., 2021) yang dilakukan untuk negara anggota European Union dengan menggunakan teknik *generalized spatial two-stage least square* (GS2SLS). Penelitian tersebut menyatakan adanya hubungan kointegrasi antara energi terbarukan dan pertumbuhan ekonomi. Artinya ketika pemerintah semakin efektif dan efisien dalam menggunakan energi terbarukan maka akan semakin baik juga pertumbuhan ekonomi, ini dapat terjadi karena pemahaman masyarakat dan pemerintahnya terhadap perubahan iklim dan keberlanjutan lingkungan sudah baik. Pada tahap selanjutnya dengan meningkatnya pertumbuhan

ekonomi, meningkat pula pendapatan negara maka semakin baik pula infrastruktur energi terbarukan. Pernyataan bahwa energi terbarukan mendorong pertumbuhan ekonomi juga di dukung oleh penelitian yang dilakukan dalam tingkat global dengan menggunakan sampel dari 75 negara dari berbagai tingkat pendapat (Namahoro et al., 2021).

1.4. Hubungan Keberlanjutan Lingkungan dan Energi Terbarukan

Banyak studi telah melakukan penelitian seputar dampak yang dapat diberikan energi terbarukan terhadap keberlanjutan lingkungan. Banyak diantaranya yang membahas bagaimana energi terbarukan dapat menurunkan degradasi lingkungan akibat peningkatan emisi karbon yang berlebih. Oleh karena itu, dengan perlahan-lahan menerapkan energi terbarukan suatu negara diharapkan mampu mengembalikan dan memperbaiki kualitas lingkungan. Namun begitu banyak dari beberapa penelitian yang dilakukan menemukan hasil yang berbeda. Penelitian yang dilakukan untuk negara di wilayah MENA menemukan bahwa energi terbarukan berdampak negatif terhadap emisi karbon. Artinya ketika terjadi peningkatan intensitas penggunaan energi terbarukan maka emisi karbon akan mengalami penurunan (Charfeddine & Kahia, 2019). Penelitian yang dilakukan terhadap 17 negara maju dan berkembang menemukan bahwa Sementara penelitian lain yang dilakukan untuk negara-negara di Afrika menemukan bahwa emisi karbon tidak berpengaruh signifikan bagi negara di Afrika untuk mulai menggunakan energi terbarukan (Qudrat-Ullah & Nevo, 2021). Masih dengan objek negara yang sama di Sub Sahara Afrika, penelitian yang dilakukan dengan panel ARDL untuk 23 negara menemukan bahwa emisi karbon dan energi terbarukan saling berhubungan secara signifikan negatif (Oluoch et al., 2021). Dalam penelitian lain ditemukan bahwa energi terbarukan yang terbatas masih belum mampu mengurangi emisi karbon yang ada di Australia (Leal et al., 2018).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang berusaha untuk mengidentifikasi hubungan antar variabel dengan menguji hipotesis dalam

penelitian. Karena berupa pengujian hipotesis, maka data yang digunakan harus dapat diukur dengan tepat guna menarik kesimpulan secara umum (Anshori & Iswati, 2009:155). Penelitian ini menggunakan objek penelitian Indonesia, sampel dipilih dengan teknik *purposive sampling* dengan mengambil ketersediaan data paling lengkap mulai dari tahun 1990-2018.

2.1 Variabel dan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data tahunan periode 1990-2018. Seluruh data diambil dari World Development Indicator milik World Bank, kecuali data *ecological footprint* diambil dari Global Footprint Network. Indikator *ecological footprint* akan digunakan pada variabel keberlanjutan lingkungan. Indikator *ecological footprint* dipercaya lebih baik dalam menggambarkan kondisi lingkungan dan ekosistem yang ada didalamnya (Chang et al., 2022; Fang et al., 2014). Variabel lainnya dan indikator yang digunakan akan dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 2.1 Variabel dan Definisi Operasional

No	Variabel	Indikator	Definisi Operasional
1.	Keberlanjutan Lingkungan	<i>Ecological footprint of consumption</i>	Ukuran seberapa luas lahan dan air yang produktif secara biologis dibutuhkan oleh individu, populasi, atau aktivitas untuk menghasilkan semua sumber daya yang dikonsumsinya dan untuk menyerap limbah yang dihasilkannya, dengan menggunakan teknologi dan praktik pengelolaan sumber daya yang berlaku. <i>Ecological footprint</i> diukur dengan satuan hektar global
2.	Pertumbuhan ekonomi	PDB per kapita	PDB per kapita adalah produk domestik bruto dibagi dengan penduduk pertengahan tahun. Data disajikan dalam mata uang saat ini.
3.	Energi terbarukan	Persentase konsumsi energi terbarukan dari total konsumsi energi	Energi terbarukan mengacu pada panas bumi, tenaga surya, gelombang, angin, bio massa, dan bahan bakar bio. Disajikan dalam bentuk persentase dari total konsumsi energi dalam negeri.

4.	Sewa Sumberdaya Alam	Persentase sewa sumberdaya dari GDP	Total sewa sumber daya alam adalah jumlah sewa minyak, sewa gas alam, sewa batubara (keras dan lunak), sewa mineral, dan sewa hutan. Perkiraan sewa sumber daya alam dihitung sebagai perbedaan antara harga komoditas dan biaya rata-rata untuk memproduksinya.
----	----------------------	-------------------------------------	--

2.2 Teknik Analisis

Untuk menganalisis hubungan antara keberlanjutan lingkungan, pertumbuhan ekonomi dan energi terbarukan di Indonesia, penelitian ini akan menggunakan teknik analisis data time series dengan menggunakan software Eviews. Dalam uji analisis data time series ada ketentuan yang harus diuji sebelum menentukan teknik analisis time series yang mana yang akan digunakan. Berikut tahapan uji analisis time series:

1) Uji stasioneritas data

Langkah pertama dalam menganalisis data time series adalah menguji stasioneritas data untuk semua variabel dengan menggunakan uji unit root. Uji unit root dilakukan untuk menghindari adanya *spurious regression*, yaitu regresi yang menggambarkan hubungan antar dua variabel signifikan padahal nyatanya tidak ada. Data dinyatakan stasioner apabila rata-rata dalam varian dari deret waktu tidak mengalami perubahan secara sistematis sepanjang periode waktu.

Uji unit root dilakukan dengan menggunakan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF). Apabila nilai probabilitas menunjukkan angka yang lebih kecil dari tingkat kritis maka data dinyatakan stasioner pada tingkat level. Namun, jika pada level menunjukkan nilai yang lebih besar dari tingkat kritis maka perlu dilakukan uji unit root pada *first difference*. Hasil uji unit root ini akan menentukan analisis apa yang dapat dipilih. Jika seluruh data stasioner pada tingkat level, maka analisis VAR dapat digunakan. Jika sebagian seluruh atau sebagian data stasioner pada *first difference* maka dapat memilih untuk menggunakan analisis VAR pada *first difference* atau VECM.

2) Uji Lag Optimum

Uji lag dilakukan untuk melihat berapa lama reaksi suatu variabel terhadap variabel lainnya dan sebagai upaya untuk menghilangkan autokorelasi yang ada pada VAR. Pengujian ini memanfaatkan beberapa kriteria antara lain *Akaike Information Criterion (AIC)*, *Schwarz Criterion (SC)*, *Hanna-Quinn (HQ)* dan *Likelihood Ration (LR)*.

3) Uji kointegrasi

Uji kointegrasi dilakukan untuk menentukan ada atau tidaknya variabel-variabel yang tidak stasioner berkointegrasi satu sama lainnya. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menguji kointegrasi antar variabel, seperti *Eagle-Granger Cointegration test*, *Johansen Cointegration test*, dan *Cointegration Regression Durbin-Watson Test*. Suatu persamaan dinyatakan memiliki hubungan kointegrasi apabila *trace statistic* melebihi nilai kritis. Setelah uji kointegrasi dilakukan, maka bisa dilanjutkan dengan estimasi VECM.

4) Estimasi VECM

Analisis dengan menggunakan metode VECM (*Vector Error Correction Model*) merupakan salah satu pemodelan yang ada pada data *multivariate time series*. VECM adalah bentuk *Vector Autoregression (VAR)* yang terestriksi. Restriksi diberikan karena ada yang tidak stationer dan saling berkoitegrasi. Adapun persamaan VECM adalah sebagai berikut.

$$\log EFP_t = \alpha_0 + \alpha_1 \log GDP_t + \alpha_2 REN_t + \alpha_3 NAT_t + u_t$$

Dimana:

EFP: ecological footprint (total ecological footprint of consumption in global hectares)

GDP:

REN: konsumsi energi terbarukan (persentase dari total konsumsi energi)

NAT: sumberdaya alam (persentase penggunaan sumberdaya alam PDB)

u_t : error

Untuk menganalisis jangka pendek dan jangka pajenag perlu dilakukan uji unit root atau uji stasioneritas terhadap masing-masing data. Uji unit root dapat dilakukan dengan Augmented Dickey Fuller (ADF). Karena pada data yang penulis

mili semua menunjukkan stasioner pada *first level*, maka penelitian ini akan lebih tepat untuk menggunakan VECM. Selanjutnya, sebelum melakukan uji kointegrasi johansen, penulis perlu melakukan uji lag optimum. Uji ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama reaksi suatu variabel terhadap variabel lainnya. Pemilihan lag dapat menggunakan kriteria *Akaike Information Criterion* (AIC), *Schwarz Information Criterion* (SIC), atau *Hannan-Quin Information Criterion* (HQ).

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Uji Stasioneritas

Dalam penelitian ini, kriteria uji unit root akan menggunakan penilaian *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Apabila nilai ADF t-statistik lebih besar dari nilai kritis yang dipilih atau sebesar 0,05 maka H_0 diterima yang berarti data tidak stasioner. Hasil Pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Hasil Uji Stasioneritas

Variabel	Level		<i>First Difference</i>	
	Adj t-statistic	<i>Critical Value</i> (5%)	Adj t-statistic	<i>Critical value</i> (5%)
logEFP	-0.282894	-2.971853	-5.337731	-2.976263
logGDP	-2.475008	-2.971853	-4.148460	-2.976263
REN	0.292798	-2.971853	-4.530791	-2.976263
NAT	-2.820686	-2.971853	-6.439440	-2.976263

Sumber: diolah oleh Penulis.

Berdasarkan hasil uji stasioner diatas, diketahui bahwa semua data stasioner pada tingkat *first difference*. Hal ini dilihat dari nilai ADF pada tingkat *first difference* yang lebih kecil dari *critical value*. Sedangkan, dibandingkan dengan hasil uji stasioner pada level, terlihat bahwa seluruh nilai t-statistic dari ADF lebih besar dari *critical value* mengindikasikan masih adanya unit root pada data.

3.2 Uji Lag Optimum

Uji ini digunakan untuk menentukan lag atau panjangnya suatu model tersebut dapat saling mempengaruhi dalam suatu model VECM. Dibutuhkan lag

yang cukup dari variabel-variabel yang masuk dalam model VECM agar dapat menampung semua dinamika yang ada pada model. Dalam penelitian ini panjang lag yang dipilih yakni antara 1 sampai dengan 4. Untuk menentukan lag berapa yang tepat dapat dilakukan dengan melihat nilai dari beberapa kriteria, antara lain *Akaike Information Criterion (AIC)*, *Schwarz Information Criterion (SIC)*, atau *Hannan-Quin Information Criterion (HQ)*. Berikut hasil penentuan lag optimum dengan mempertimbangkan beberapa kriteria.

Tabel 4.2 Hasil Uji Leg Optimum

Lag	Nilai LR	Nilai SC	Nilai AIC
0	NA	7.269804	7.074783
1	172.7355*	0.693109*	-0.281991
2	25.91332	1.133607	-0.621574
3	15.30868	1.917964	-0.617297
4	17.08924	1.841890	-1.473453*

Sumber: diolah oleh penulis

Berdasarkan hasil pengujian diatas, maka lag optimum yang direkomendasikan terdapat pada lag 1 untuk melakukan estimasi VECM.

3.3 Uji Kointegrasi

Uji kointegrasi perlu untuk melihat bahwa meskipun variabel tidak stasioner secara individual, kombinasi antara dua atau lebih variabel mungkin akan stasioner. Uji kointegrasi juga penting untuk dilakukan sebagai dasar menentukan model estimasi yang akan digunakan. Apabila tidak terdapat minimal satu kointegrasi antar variabel maka akan lebih tepat untuk menggunakan model VAR. Hasil pengujian kointegrasi dalam penelitian ini sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil Uji Kointegrasi

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0,05 critical value
None*	0.684403	70.07191	54.07904
At most 1*	0.567996	38.93310	35.19275
At most 2	0.376520	16.27144	20.26184
At most 3	0.122087	3.515608	9.164546

Sumber: diolah oleh penulis

Pada pengujian kointegrasi H0 menyatakan bahwa tidak ada hubungan kointegrasi. Berdasarkan hasil uji diatas dapat dilihat bahwa terdapat dua hubungan kointegrasi

pada serangkaian variabel, hal ini ditunjukkan dari nilai *trace statistic* yang lebih besar dari *critical value* 0,05.

3.4 Hasil Estimasi VECM dan Pembahasan

Setelah dilakukan estimasi VECM dengan memungkinkannya terjadinya dua hubungan kointegrasi, maka ditemukan hasil estimasi jangka panjangnya sebagai berikut.

Tabel 4.4 Hasil Estimasi VECM

Variabel	Short Run				Long Run
	$\Delta \log EFP$	$\Delta \log GDP$	ΔREN	ΔNAT	ECT_{t-1}
Constant					-19.159 [-47.039]*
ECM	-0.278 [-1.052]	1.378 [1.973]*	-11.245 [-0.776]	-27.163 [-2.012]*	
$\Delta \log EFP$	0,314 [-1,081]	-0,962 [-1,252]	-8.588 [-0.539]	16.229 [1.092]	
$\Delta \log GDP$	0,231 [2,719]*	0,332 [1,478]	-3.524 [-0.756]	3.840 [0.884]	-0,0595 [-3,045]*
ΔREN	0,001 [0,255]	-0,018 [-1,610]	-0.044 [-0.181]	-0.440 [-1.938]*	0,0139 [5,258]*
ΔNAT	-0,010 [-2,991]*	-0,005 [-0,625]	0.014 [0.078]	-0.013 [-0.077]	0,0072 [2,7886]*

Sumber: diolah oleh penulis.

Hasil *error correction* menunjukkan estimasi dalam jangka pendek. Dari table diatas dapat dilihat bahwa dalam jangka pendek variable NAT, REN, dan EFP mempengaruhi GDP. Selain itu variabel REN, GDP dan EFP secara simultan juga berpengaruh terhadap NAT. Secara individu, dapat dilihat bahwa REN berpengaruh terhadap NAT, mengindikasikan adanya pengaruh penggunaan energi terbarukan terhadap ekstraksi sumberdaya alam. Koefisien menunjukkan tanden negatif yang berarti dalam jangka pendek penggunaan energi terbarukan dapat mengurangi tekanan untuk menggunakan sumberdaya alam.

Berdasarkan hasil estimasi jangka panjang dari model VECM, ditemukan bahwa semua variabel menunjukkan hasil yang signifikan. Variabel pertumbuhan ekonomi menunjukkan nilai -0,0595 atau -5,95% artinya setiap terjadi pertumbuhan ekonomi sebanyak 1% akan mengakibatkan penurunan keberlanjutan lingkungan

sebesar 5,95%. Variabel konsumsi energi terbarukan menunjukkan nilai 0,0139 atau 1,39%, artinya setiap terjadi peningkatan sebesar 1% pada konsumsi energi terbarukan akan mendorong peningkatan konsumsi energi terbarukan sebanyak 1,39%. Variabel sumberdaya alam menunjukkan nilai 0,0072 atau 0,72% artinya setiap adanya peningkatan sumberdaya alam yang terpakai sebesar 1% maka akan meningkatkan keberlanjutan lingkungan sebesar 0,72%.

Koefisien positif pada hubungan jangka panjang antara EFP dan REN mengindikasikan bahwa usaha Indonesia untuk mendorong penggunaan energi terbarukan sudah tepat dan sejalan dengan tujuan pemerintah dalam mendukung perbaikan lingkungan demi mengurangi perubahan iklim. Hasil estimasi tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan peningkatan konsumsi energi terbarukan dapat meningkatkan kualitas keberlanjutan lingkungan. Penelitian yang dilakukan untuk negara anggota OECD dengan menggunakan indikator *ecological footprint*, juga menemukan adanya hubungan positif antara *ecological footprint* dan konsumsi energi terbarukan, lebih lanjut estimasi panel data dari kointegrasinya menemukan bahwa energi terbarukan dapat meningkatkan keberlanjutan lingkungan (Adekoya et al., 2022; I. Khan et al., 2022; Suki et al., 2022). Selain itu penelitian lainnya yang dilakukan terhadap 15 negara dengan emisi tertinggi di dunia, menemukan bahwa energi terbarukan membantu mengatasi kerusakan lingkungan yang ditunjukkan dari indikator *ecological footprint*.

Koefisien jangka panjang pada GDP menunjukkan tanda negatif, menandakan bahwa setiap terjadi pertumbuhan ekonomi akan mendorong penurunan keberlanjutan lingkungan. Temuan ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang juga menyetujui adanya hipotesis EKC dalam penelitiannya (Miao et al., 2022; Sajeev & Kaur, 2020; Singhania & Saini, 2020; Tenaw & Beyene, 2021; Zhang et al., 2022). Ini semakin menegaskan urgensi terhadap pembangunan ekonomi yang lebih ramah lingkungan. Penggunaan indikator *ecological footprint* dalam penelitian ini menutupi banyaknya kesenjangan dalam penelitian sebelumnya yang sekadar membahas hipotesis EKC melalui penggunaan emisi CO₂. Memandang keberlanjutan lingkungan melalui indikator *ecological footprint* memberikan gambaran yang lebih menyeluruh dari

kondisi keberlanjutan lingkungan. Penggunaan energi terbarukan terbukti meningkatkan keberlanjutan lingkungan sebab energi terbarukan menggunakan sumber energi yang tidak merusak lingkungan. Penggunaan teknologi yang tepat akan meminimalisir adanya polusi akibat penggunaan energi terbarukan, terlebih sumber daya alam yang digunakan tersedia sepanjang masa. Temuan ini dapat memperkuat argumen untuk tetap mendorong penggunaan energi terbarukan di Indonesia.

Variabel NAT dan EFP dalam jangka panjang menunjukkan hubungan positif. Ini menunjukkan adanya pengaruh ekstraksi sumber daya alam yang berlebih juga mendorong semakin tingginya ecological footprint yang digunakan, mengindikasikan semakin meningkatnya kerusakan lingkungan yang terjadi. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan di China (Ahmed et al., 2020). Ketergantungan untuk terus melakukan ekstraksi terhadap sumber daya alam ialah seperti tambang batu bara, kilang minyak, dan tambang nikel. Hasil penelitian ini dapat menggambarkan bahwa dalam jangka panjang nyatanya Indonesia masih belum mampu mengurangi mencari sumber energi yang tetap memperhatikan lingkungan.

Hal selanjutnya yang perlu perhatian lebih adalah bagaimana memaksimalkan pertumbuhan dengan tetap memperhatikan kondisi lingkungan. Harus ada regulasi yang mempermudah masuknya investasi bagi infrastruktur energi yang tidak hanya meningkatkan efisiensi energi tetapi juga mendorong pembangunan ekonomi. Selain itu, perlu adanya insentif guna mendorong penerapan teknologi baru yang lebih bersih dan ramah lingkungan. dalam peningkatan pada pertumbuhan ekonomi akan mendorong penurunan keberlanjutan lingkungan. Tindakan penanganan atas bekas tambang atau lingkungan yang mengalami kerusakan perlu dilakukan. Upaya seperti rehabilitasi lahan rusak juga harus terlaksana dengan pengawasa penuh agar ketersediaan lahan dengan biodiversitas yang baik semakin banyak dan ini lah yang memberikan keberlanjutan bagi lingkungan. Hal ini membuktikan bahwa pada awal pembangunan ekonomi akan ada keberpihakan untuk terus mendorong pertumbuhan ekonomi dan mengesampingkan dampaknya terhadap kelestarian lingkungan.

Peraturan pemerintah untuk mendorong penggunaan energi terbarukan menjadi salah satu pondasi bagi pengambil kebijakan untuk bisa segera merealisasikan penggunaan energi yang lebih masif. Target yang ditetapkan pemerintah adalah sebesar 23% bauran energi terbarukan pada tahun 2025 namun hingga saat ini hanya sebesar 11,2% bauran energi terbarukan yang tercapai. Solusi yang diberikan pemerintah dalam mempercepat capaian ialah dengan membuka berbagai jalur investasi energi terbarukan. Investasi dan teknologi bersar pengaruhnya dalam mempercepat capaian energi terbarukan di Indonesia.

4. Kesimpulan

Kondisi kelestarian lingkungan yang telah membahayakan bagi manusia dan perubahan iklim yang pesat mendorong Indonesia untuk ikut andil dalam melaksanakan tugasnya guna memperlambat terjadinya perubahan tersebut. Meskipun begitu upaya yang dilakukan pemerintah dalam mencapai bauran energi terbarukan sebesar 23% di tahun 2025 akan sulit untuk dicapai apabila hingga tahun 2021 hanya 11% yang tercapai. Penelitian ini dapat menjadi pendorong bagi pemerintah untuk segera memaksimalkan upayanya mencapai target dengan melihat seberapa penting energi terbarukan bagi keberlanjutan lingkungan di Indonesia. Dengan menggunakan data tahun 1990 – 2018 dari estimasi VECM, ditemukan bahwa dalam jangka panjang pertumbuhan ekonomi, energi terbarukan, dan ekstraksi sumber daya alam mempengaruhi keberlanjutan lingkungan di Indonesia. Penggunaan variabel *ecological footprint* dalam menggambarkan keberlanjutan lingkungan menjadi pembeda dari beberapa penelitian sebelumnya yang umumnya membahas keberlanjutan lingkungan dari kaca mata emisi karbon. Penelitian ini membuktikan masih pentingnya energi terbarukan bagi kelestarian lingkungan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistika

Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral, 2019. *Outlook Energi Indonesia*.

United Nation, 2022

- Institute for Essential Services Reform, 2022. *Indonesia Energy Transition Outlook 2022*.
- Adekoya, O. B., Oliyide, J. A., & Fasanya, I. O. (2022). Renewable and non-renewable energy consumption – Ecological footprint nexus in net-oil exporting and net-oil importing countries: Policy implications for a sustainable environment. *Renewable Energy*, 189, 524–534. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2022.03.036>
- Ahmed, Z., Asghar, M. M., Malik, M. N., & Nawaz, K. (2020). Moving towards a sustainable environment: The dynamic linkage between natural resources, human capital, urbanization, economic growth, and ecological footprint in China. *Resources Policy*, 67, 101677. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2020.101677>
- Chang, L., Saydaliev, H. B., Meo, M. S., & Mohsin, M. (2022). How renewable energy matter for environmental sustainability: Evidence from top-10 wind energy consumer countries of European Union. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 31, 100716. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2022.100716>
- Charfeddine, L., & Kahia, M. (2019). Impact of renewable energy consumption and financial development on CO 2 emissions and economic growth in the MENA region: A panel vector autoregressive (PVAR) analysis. *Renewable Energy*, 139, 198–213. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.010>
- Fang, K., Heijungs, R., & De Snoo, G. R. (2014). Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints: Overview of a footprint family. *Ecological Indicators*, 36, 508–518. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2013.08.017>
- Khan, I., Zakari, A., Ahmad, M., Irfan, M., & Hou, F. (2022). Linking energy transitions, energy consumption, and environmental sustainability in OECD countries. *Gondwana Research*, 103, 445–457. <https://doi.org/10.1016/J.GR.2021.10.026>
- Khan, S., Peng, Z., & Li, Y. (2019). Energy consumption, environmental degradation, economic growth and financial development in globe: Dynamic simultaneous equations panel analysis. *Energy Reports*, 5, 1089–1102.

<https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2019.08.004>

- Leal, P. H., Marques, A. C., & Fuinhas, J. A. (2018). How economic growth in Australia reacts to CO2 emissions, fossil fuels and renewable energy consumption. *International Journal of Energy Sector Management*, 12(4), 696–713. <https://doi.org/10.1108/IJESM-01-2018-0020>
- Miao, Y., Razzaq, A., Adebayo, T. S., Awosusi, A. A., & Karachi, P. (2022). Do renewable energy consumption and financial globalisation contribute to ecological sustainability in newly industrialized countries? *Renewable Energy*, 187, 688–697. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2022.01.073>
- Muhammad, B. (2019). Energy consumption, CO2 emissions and economic growth in developed, emerging and Middle East and North Africa countries. *Energy*, 179, 232–245. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.126>
- Namahoro, J. P., Nzabanita, J., & Wu, Q. (2021). The impact of total and renewable energy consumption on economic growth in lower and middle-and upper-middle-income groups: Evidence from CS-DL and CCEMG analysis. *Energy*, 237. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121536>
- Oluoch, S., Lal, P., & Susaeta, A. (2021). Investigating factors affecting renewable energy consumption: A panel data analysis in Sub Saharan Africa. *Environmental Challenges*, 4, 100092. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2021.100092>
- Qudrat-Ullah, H., & Nevo, C. M. (2021). The impact of renewable energy consumption and environmental sustainability on economic growth in Africa. *Energy Reports*, 7, 3877–3886. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2021.05.083>
- Radmehr, R., Henneberry, S. R., & Shayanmehr, S. (2021). Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions, and Economic Growth Nexus: A Simultaneity Spatial Modeling Analysis of EU Countries. *Structural Change and Economic Dynamics*, 57, 13–27. <https://doi.org/10.1016/J.STRUECO.2021.01.006>
- Rafindadi, A. A., & Ozturk, I. (2016). Impacts of renewable energy consumption on the German economic growth: Evidence from combined cointegration test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1130–1141. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.093>

- Sajeey, A., & Kaur, S. (2020). Environmental sustainability, trade and economic growth in India: implications for public policy. *International Trade, Politics and Development*, 4(2), 141–160. <https://doi.org/10.1108/ITPD-09-2020-0079>
- Singhania, M., & Saini, N. (2020). Revisiting environmental degradation and economic growth nexus using autoregressive distributed lag approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(8), 1765–1796. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-10-2019-0509>
- Suki, N. M., Suki, N. M., Sharif, A., Afshan, S., & Jermittiparsert, K. (2022). The role of technology innovation and renewable energy in reducing environmental degradation in Malaysia: A step towards sustainable environment. *Renewable Energy*, 182, 245–253. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2021.10.007>
- Tenaw, D., & Beyene, A. D. (2021). Environmental sustainability and economic development in sub-Saharan Africa: A modified EKC hypothesis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110897. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.110897>
- Yao, S., Zhang, S., & Zhang, X. (2019). Renewable energy, carbon emission and economic growth: A revised environmental Kuznets Curve perspective *. *Journal of Cleaner Production*, 235, 1338–1352. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.069>
- Zhang, Q., Shah, S. A. R., & Yang, L. (2022). Modeling the effect of disaggregated renewable energies on ecological footprint in E5 economies: Do economic growth and R&D matter? *Applied Energy*, 310, 118522. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2022.118522>