

## PENGARUH KONSUMSI ENERGI DAN KEMAJUAN TEKNOLOGI TERHADAP PERTUMBUHAN EKONOMI INDONESIA

Sotya Fevriera

Program Studi Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomika dan Bisnis, Universitas Kristen Satya Wacana  
[sotya.fevriera@uksw.edu](mailto:sotya.fevriera@uksw.edu)

Sheilla Hartatdji

Program Studi Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomika dan Bisnis, Universitas Kristen Satya Wacana  
[222017003@student.uksw.edu](mailto:222017003@student.uksw.edu)

---

### Informasi Artikel

Tanggal Masuk:  
10 Maret 2023

Tanggal Revisi:  
15 Mei 2023

Tanggal Diterima:  
23 Oktober 2023

Publikasi On line:  
10 Nopember 2023

### Abstract

*Economic growth describes how economic activities in a country generates additional income for the society in that country in a certain period. Research on the impact of energy and technological progress on Indonesia's economic growth is relatively limited. The aim of this research is to analyze the impact of energy consumption and technology advance (energy intensity), along with employment (+15) to population ratio and gross capital formulation on Indonesia's economic growth. Data used in this research is time series data for period 1990-2021 dan analytic technique employed is multiple regression model estimated using ordinary least square (OLS) approach. This research finds that energy consumption has a positive effect and technology advance has a positive effect (energy intensity has a negative effect) on the economic growth. This research also finds that gross capital formulation and employment (+15) to population ratio has no effect on the economic growth.*

*Key Words: economic growth; energy consumption; technology advance; gross capital formulation; employment (+15) to population ratio*

### Abstrak

*Pertumbuhan ekonomi menggambarkan bagaimana aktivitas perekonomian suatu negara menghasilkan tambahan pendapatan untuk masyarakat di negara tersebut pada periode waktu tertentu. Riset tentang pengaruh energi dan kemajuan teknologi terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia relatif masih terbatas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh dari konsumsi energi dan kemajuan teknologi (intensitas energi) bersama dengan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi dan pembentukan modal bruto terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data time series dari periode 1990-2021 dan teknik analisis yang digunakan adalah model regresi berganda yang diestimasi dengan pendekatan Ordinary Least Square (OLS). Riset ini menemukan konsumsi energi berpengaruh positif dan kemajuan teknologi berpengaruh positif (intensitas energi berpengaruh negatif) terhadap pertumbuhan ekonomi. Riset ini juga menemukan pembentukan modal bruto dan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan energi.*

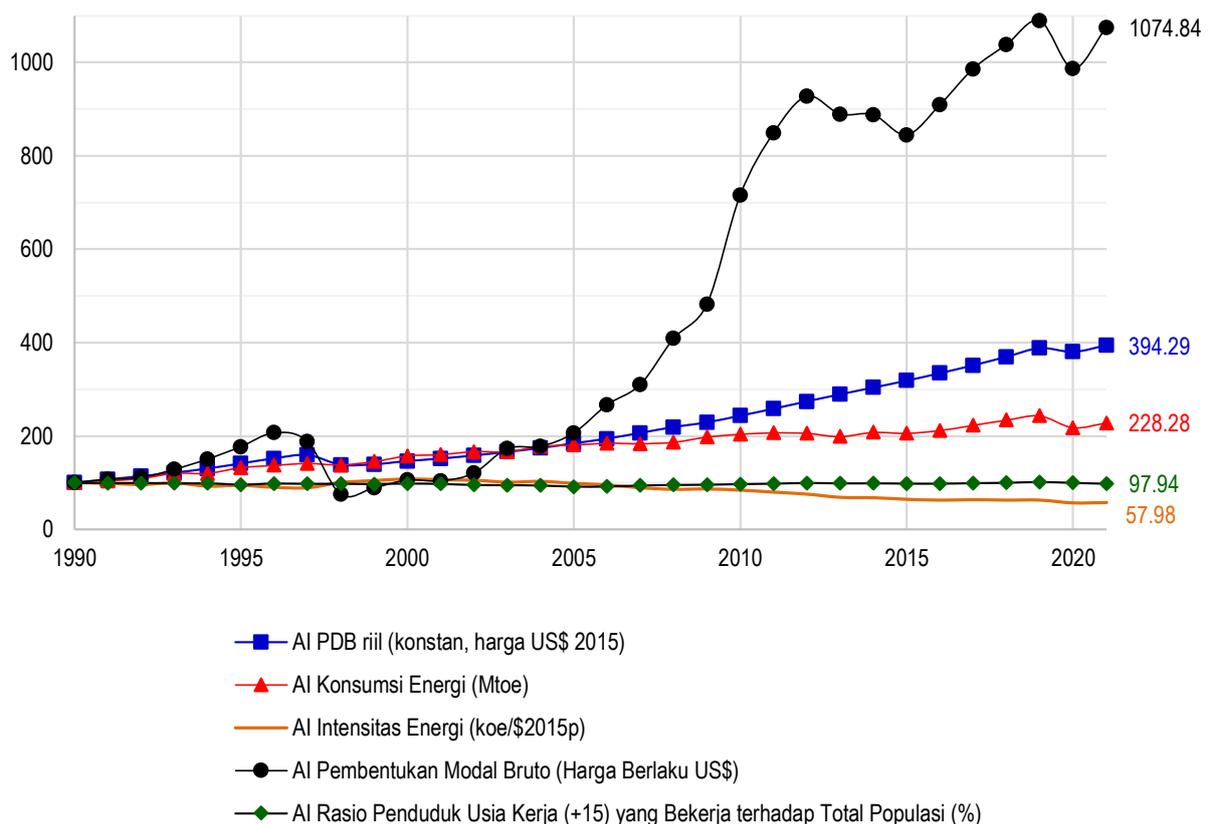
*Key Words: pertumbuhan ekonomi; konsumsi energi; kemajuan teknologi; pembentukan modal bruto; rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi*

---

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi merupakan peningkatan dalam nilai produksi barang dan jasa ekonomi yang dibandingkan dari satu periode ke periode lainnya. Pertumbuhan ekonomi memberikan gambaran dan informasi sejauh mana aktivitas perekonomian suatu negara menghasilkan tambahan pendapatan untuk masyarakat atau suatu negara pada periode tertentu. Jika suatu negara perekonomiannya tumbuh dengan baik, maka salah satu indikasi bahwa kehidupan masyarakatnya menjadi semakin sejahtera adalah daya beli masyarakatnya akan meningkat yang selanjutnya akan berpengaruh terhadap permintaan barang dan jasa. Selain modal (*capital*) dan tenaga kerja (*labor*), menurut teori produksi dan teori pertumbuhan endogen, faktor lain yang diperlukan dalam proses produksi

barang dan jasa adalah energi dan teknologi. Karena itu, untuk dapat bertumbuh, perekonomian membutuhkan energi atau dengan kata lain energi memiliki peran penting dalam pembangunan nasional. Energi merepresentasikan penggunaan sumber daya alam dalam kegiatan produksi karena energi harus dibangkitkan dari sumber daya alam tak terbarukan atau terbarukan. Adanya keterbatasan energi dapat membuat pertumbuhan ekonomi mengalami kendala. Faktor lain yang berperan dalam kegiatan produksi adalah teknologi. Teknologi yang semakin maju dapat meningkatkan kuantitas produksi dalam jumlah yang besar. Proses produksi tidak mungkin terlepas dari teknologi dan energi. Semakin efisien penggunaan energi, yang dapat dicapai melalui teknologi yang semakin maju, semakin baik proses produksi. Gambar 1 menunjukkan angka indeks dari PDB riil, konsumsi energi, kemajuan teknologi (intensitas energi), pembentukan modal bruto (*gross capital formulation*) dan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi untuk Indonesia selama periode 1990-2021. Penduduk yang bekerja adalah orang-orang pada usia kerja, yaitu 15 tahun ke atas, yang selama periode referensi singkat, terlibat dalam kegiatan untuk menghasilkan barang atau jasa dengan tujuan untuk mendapat pembayaran atau profit, baik saat bekerja selama periode referensi tersebut (misalnya yang bekerja setidaknya selama satu jam) atau untuk sementara tidak bekerja atau tidak bekerja karena pengaturan waktu kerja (World Bank, 2023). Sebagai indikator untuk kemajuan teknologi, digunakan intensitas energi yang merupakan rasio antara konsumsi energi terhadap PDB. Semakin kecil nilai rasio tersebut, berarti untuk setiap \$1 PDB yang dihasilkan, dibutuhkan lebih sedikit konsumsi energi yang menunjukkan penggunaan energi yang semakin efisien. Hal itu mengindikasikan adanya kemajuan teknologi. Konsumsi atau penggunaan energi mencakup semua jenis energi, baik itu energi listrik, energi untuk memasak, maupun energi untuk transportasi.



Sumber Data: Enerdata (2022a, 2022b) dan *World Development Indicators* (World Bank, 2022)

**Gambar 1 – Angka Indeks (AI) PDB Riil, Konsumsi Energi dan Kemajuan Teknologi (Intensitas Energi), Pembentukan Modal Bruto, Rasio Penduduk Usia Kerja (+15) yang Bekerja terhadap Total Populasi, 1990-2021 di Indonesia**

Gambar 1 menunjukkan pertumbuhan PDB riil atau pertumbuhan ekonomi yang mengalami tren peningkatan dari tahun 1990 hingga tahun 2021. Tren tersebut juga dibarengi dengan meningkatnya penggunaan energi dan

pembentukan modal bruto. Pada periode tersebut pertumbuhan ekonomi meningkat 294,28%, konsumsi energi meningkat 128,28%. Sedangkan pembentukan modal bruto meningkat 974,84%. Gambar 1 juga menunjukkan pada periode tersebut, teknologi semakin maju yang terlihat dari penurunan intensitas energi (rasio konsumsi energi terhadap PDB) sebesar 42,02%. Sedangkan selama periode tersebut, rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi turun 2,06%. Penurunan tersebut kemungkinan disebabkan adanya wabah pandemi Covid-19 yang masih melanda di tahun 2021 dan menyebabkan banyak tenaga kerja kehilangan pekerjaan. Namun dari Gambar 1 tidak dapat diketahui seberapa besar pengaruh dari penggunaan energi, kemajuan teknologi pembentukan modal bruto dan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi terhadap pertumbuhan ekonomi. Sebelumnya sudah ada penelitian tentang pengaruh energi terhadap pertumbuhan ekonomi atau hubungan kausalitas antara energi dengan pertumbuhan ekonomi, tetapi penelitian untuk Indonesia atau wilayah di dalam Indonesia belum terlalu banyak dilakukan (Alfisyahri *et al.*, 2020; Atmaja *et al.*, 2016; Fariz & Muljaningsih, 2015; Jafari *et al.*, 2012; Mustika *et al.*, 2015; Nugraha & Osman, 2019; Putra & Satrianto, 2019). Ada studi yang hanya meneliti energi dalam bentuk minyak bumi dan gas (Atmaja *et al.*, 2016; Mustika *et al.*, 2015) dan ada studi yang hanya meneliti energi dalam bentuk *hydropower* (Alfisyahri *et al.*, 2020). Selain itu ada studi yang meneliti pengaruh konsumsi energi yang dapat diperbaharui terhadap pertumbuhan ekonomi, tetapi untuk negara-negara di Asia Tenggara (Ula & Affandi, 2019). Sedangkan penelitian yang meneliti pengaruh teknologi terhadap pertumbuhan energi di Indonesia masih terbatas (Fatmawati & Syafitri, 2015; Fevriere *et al.*, 2022; Wahyuni *et al.*, 2013). Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh konsumsi, kemajuan teknologi, pembentukan modal bruto dan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi untuk Indonesia terhadap pertumbuhan ekonomi. Penelitian ini mempunyai perbedaan dari penelitian-penelitian serupa di masa lalu. Pertama, penelitian ini menggunakan intensitas energi sebagai indikator untuk mengukur kemajuan teknologi sedangkan studi sebelumnya ada yang menggunakan rasio antara modal dengan tenaga kerja (Wahyuni *et al.*, 2013) dan ada yang menggunakan hibah kerjasama teknis (*technical corporation grants*) sebagai indikator untuk teknologi (Fatmawati & Syafitri, 2015). Kedua, dalam intensitas energi yang digunakan pada penelitian ini, energi mencakup semua jenis energi, baik itu energi yang digunakan untuk keperluan listrik, transportasi maupun memasak, sedangkan dalam penelitian sebelumnya yang intensitas energinya hanya dihitung dari energi listrik saja (Fevriere *et al.*, 2022). Ketiga, intensitas energi yang digunakan sebagai indikator untuk kemajuan teknologi dalam penelitian ini adalah rasio antara energi dengan PDB Indonesia, sedangkan dalam penelitian sebelumnya, intensitas energi merupakan rasio antara energi dengan PDRB provinsi-provinsi di Jawa (Fevriere *et al.*, 2022). Hal-hal tersebut menjadi kebaruan yang ditawarkan oleh penelitian ini.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Produk Domestik Bruto dan Pertumbuhan Ekonomi

Produk Domestik Bruto (PDB) adalah nilai pasar dari seluruh barang dan jasa jadi yang diproduksi di suatu negara pada periode tertentu (Mankiw, 2021). Ada dua macam PDB, yaitu PDB riil dan PDB nominal. PDB riil adalah nilai pasar dari semua barang dan jasa yang diproduksi dalam perekonomian diukur dengan harga konstan, sedangkan PDB nominal adalah nilai moneter output dalam sebuah negara selama periode tertentu yang diukur berdasarkan harga berlaku atau dengan memperhatikan pengaruh harga (Mankiw, 2021). PDB riil digunakan untuk mengoreksi angka PDB nominal dengan tidak memasukkan pengaruh harga agar pertumbuhan ekonomi tidak dipengaruhi oleh tingkat inflasi dan benar-benar merefleksikan peningkatan produksi. Pertumbuhan ekonomi (*Growth*) dihitung berdasarkan PDB riil menggunakan formula (Mankiw, 2021):

$$Growth = \frac{PDB_t - PDB_{t-1}}{PDB_{t-1}} \times 100\% \quad (1)$$

di mana: t = tahun.

### Teori Produksi

Produksi merupakan sebuah proses perubahan dari input menjadi output yang juga dipengaruhi oleh teknologi sehingga fungsi produksi menunjukkan output maksimal (*Q*) yang dapat dihasilkan dengan kombinasi input yaitu, modal (*K*) dan tenaga kerja (*L*), tertentu (Pindyck & Rubinfeld, 2018). Apabila dinyatakan dalam bentuk fungsi Cobb-Douglas, maka formulanya adalah sebagai berikut (Pindyck & Rubinfeld, 2018):

$$Q = AK^{\alpha}L^{\beta} \quad (2)$$

di mana:  $A$  merefleksikan teknologi produksi serta  $\alpha$  dan  $\beta$  merupakan konstanta yang menunjukkan elastisitas produksi terhadap modal dan tenaga kerja.

Sedangkan menurut Mankiw (2021), selain modal dan tenaga kerja, kuantitas produksi juga dipengaruhi modal manusia ( $H$ ) sumber daya alam ( $N$ ):

$$Q = Af(L, K, H, N) \quad (3)$$

Modal manusia merupakan investasi sumber daya manusia (SDM) dalam bentuk pendidikan dan pelatihan atau ketrampilan kerja. Sumber daya alam dapat berupa segala bentuk sumber daya alam yang digunakan sebagai bahan mentah atau bahan baku dalam proses produksi dan sumber daya yang digunakan untuk membangkitkan energi yang pasti dibutuhkan dalam proses produksi. Semua fungsi produksi di atas mengindikasikan semakin banyak tenaga kerja, semakin banyak modal, semakin tinggi investasi dalam SDM, semakin banyak SDA dan semakin maju teknologi, maka akan semakin banyak output yang dapat diproduksi. Tetapi dalam jangka pendek, produsen tidak dapat mengubah seluruh inputnya. Jika input lain dianggap konstan, maka ketika satu input tertentu ditambahkan dalam proses produksi, mula-mula tambahan outputnya akan mengalami peningkatan. Namun, saat input tersebut terus ditambahkan tanpa peningkatan kapasitas produksi, maka setelah mencapai titik tertentu, tambahan output yang dihasilkan akan mengalami penurunan. Konsep tersebut dikenal dengan *the law of diminishing marginal returns* (Pindyck & Rubinfeld, 2018). Konsep itu menunjukkan penurunan keuntungan dari tambahan input seiring dengan peningkatan jumlah input (Mankiw, 2021).

### Teori Pertumbuhan Endogen

Dalam teori pertumbuhan endogen, teknologi tidak bersifat eksogenus, melainkan endogenus di mana tabungan dan investasi dapat membuat pertumbuhan ekonomi tidak stabil (*steady state condition*) tetapi dapat terus bertumbuh. Investasi dapat terwujud dalam bentuk pengetahuan (*knowledge*). Perkembangan sains dan teknologi telah memungkinkan terjadi perkembangan ilmu pengetahuan (*increasing returns to knowledge*) sehingga asumsi bahwa terjadi *constant returns to capital* menjadi realistis dalam jangka panjang. Pengetahuan dapat berkembang melalui riset serta pengembangan (*research and development*) dan riset serta pengembangan dapat mendorong terjadinya inovasi atau kemajuan teknologi dalam kegiatan produksi. Pengetahuan dapat diperoleh tenaga kerja melalui pendidikan atau pelatihan yang ditempuhnya sehingga pendidikan dan ketrampilan tenaga kerja merupakan modal manusia (Mankiw, 2019), (Faisal, Pudjihardjo M, 2020)

### Pengembangan Hipotesis

Persamaan fungsi produksi (3) menunjukkan semakin banyak penggunaan energi dalam proses produksi berarti semakin banyak output yang diproduksi. Studi di masa lalu ada yang menemukan konsumsi energi yang dapat diperbaharui berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi (Ula & Affandi, 2019) dan ada yang menemukan baik ekspor maupun impor minyak bumi (Mustika *et al.*, 2015) atau ekspor dan impor migas (Atmaja *et al.*, 2016) berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi, Tetapi ada studi yang menemukan dalam jangka panjang, konsumsi energi berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan energi (Fariz & Muljaningsih, 2015). Ada pula studi yang menemukan dalam jangka pendek, terdapat hubungan kausalitas antara konsumsi energi *hydropower* dengan PDB (Faisal, 2018), (Alfisyahri *et al.*, 2020). Jadi konsumsi energi *hydropower* berpengaruh terhadap PDB (dan sebaliknya). Namun sebaliknya ada pula studi yang menemukan tidak terdapat hubungan kausalitas antara penggunaan energi dengan pertumbuhan ekonomi (Jafari *et al.*, 2012; Putra & Satrianto, 2019). Jadi penggunaan energi tidak mempengaruhi pertumbuhan ekonomi (begitu pula sebaliknya). Oleh karena itu, hipotesis untuk konsumsi energi dalam riset ini dirumuskan sebagai berikut:

$H_{a1}$ : konsumsi energi berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi

Terakhir fungsi produksi dalam persamaan (2) dan (3) serta teori pertumbuhan endogen menunjukkan kemajuan teknologi dapat meningkatkan produksi. Studi di masa lalu ada yang menemukan teknologi berpengaruh positif (Wahyuni *et al.*, 2013), khususnya dalam jangka pendek (Fatmawati & Syafitri, 2015) tetapi ada yang menemukan teknologi tidak berpengaruh terhadap kemajuan teknologi (Fevriere *et al.*, 2022), khususnya dalam jangka panjang (Fatmawati & Syafitri, 2015). Kemajuan teknologi dapat meningkatkan efisiensi dalam penggunaan energi, yaitu semakin sedikit energi yang dibutuhkan untuk memproduksi sejumlah kuantitas produksi. Karena itu intensitas energi, yaitu rasio konsumsi energi dengan PDB, yang menunjukkan banyaknya energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan \$1 PDB, dapat menjadi indikator kemajuan teknologi sehingga hipotesis yang diajukan dalam riset ini adalah:

H<sub>a2</sub>: kemajuan teknologi berpengaruh positif (atau intensitas energi berpengaruh negatif) terhadap pertumbuhan energi

Berdasarkan definisi dari PDB dan persamaan (1), maka faktor-faktor yang mempengaruhi kuantitas produksi dapat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kuantitas produksi adalah menurut persamaan fungsi produksi (2) dan (3) adalah modal, di mana berdasarkan persamaan (2), semakin banyak modal, maka kuantitas yang dapat diproduksi akan semakin banyak pula. Studi di masa lalu ada yang menemukan pembentukan modal tetap bruto atau modal dalam bentuk investasi, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang, berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi (Fatmawati & Syafitri, 2015; Fevriere et al., 2022; Ula & Affandi, 2019). Namun ada pula studi yang menemukan pembentukan modal tetap bruto tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang (Fariz & Muljaningsih, 2015). Sementara studi lain menemukan tidak terdapat hubungan kausalitas antara stok modal dengan pertumbuhan ekonomi (Jafari et al., 2012). Jadi stok modal tidak mempengaruhi pertumbuhan ekonomi (begitu pula sebaliknya). Karena itu dalam riset ini disusun rumusan hipotesis sebagai berikut:

H<sub>a3</sub>: pembentukan modal bruto berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi

Persamaan fungsi produksi (2) dan (3) juga menunjukkan semakin banyak tenaga kerja maka akan semakin banyak output yang dapat diproduksi. Ada studi yang menemukan tenaga kerja berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi (Fatmawati & Syafitri, 2015; Fevriere et al., 2022). Namun ada pula yang menemukan angkatan kerja atau jumlah pekerja tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi (Fariz & Muljaningsih, 2015; Ula & Affandi, 2019). Untuk itu, dalam riset ini diajukan hipotesis sebagai berikut:

H<sub>a4</sub>: rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi

## METODE PENELITIAN

### Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data *time-series* periode tahun 1990-2021. Data dari *World Development Indicator* (World Bank, 2022) meliputi pertumbuhan ekonomi (*Growth*), pembentukan modal bruto (konstan 2015 US\$) (*Modal*) dan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi (estimasi nasional) (*Labor*). Sedangkan data dari Enerdata (2022a, 2022b) meliputi konsumsi energi (Mtoe) (*Energi*) dan intensitas energi (koe/PDB (konstan 2015 PPP)) (*Teknologi*). Periode penelitian dipilih karena ketersediaan data dari Enerdata adalah mulai tahun 1990. Data dari Enerdata digunakan karena data serupa dari *World Bank* hanya tersedia sampai 2014. Data energi meliputi jumlah dari produksi energi primer, perdagangan eksternal dan *bunker* laut (bahan bakar untuk kapal dan pesawat untuk transportasi internasional) serta meliputi batubara, gas, minyak, listrik, panas dan biomasa (Enerdata, 2023). Sedangkan intensitas energi dihitung dengan membagi total konsumsi energi dengan PDB pada nilai tukar konstan tahun 2015 dan *purchasing power parity* untuk menghilangkan dampak dari inflasi dan agar lebih mencerminkan perbedaan harga secara umum serta menghubungkan konsumsi energi dengan tingkat aktivitas ekonomi riil (Enerdata, 2023).

### Teknik Analisis

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis regresi, di mana rumusan model regresi ditentukan setelah terlebih dahulu dilakukan uji stasioneritas data.

#### (1) Uji Stasioneritas Data

Karena penelitian ini menggunakan data *time series*, maka untuk menghindari terjadinya *spurious regression*, yaitu kondisi di mana estimasi model mempunyai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang tinggi dan beberapa atau semua variabel bebas signifikan pengaruhnya tetapi pengaruh yang signifikan tersebut tidak masuk akal, perlu dilakukan uji stasioneritas (Gujarati, 2015).

Tabel 1 menunjukkan semua variabel sudah stasioner di mana variabel *Growth* dan Energi stasioner pada level sesungguhnya dan variabel yang lain stasioner pada bentuk *first difference*-nya.

#### (2) Perumusan Model Regresi

Karena beberapa data stasioner pada bentuk *first difference*, maka model analisis regresi linier berganda dengan pendekatan metode kuadrat terkecil (*ordinary least square* atau OLS) menjadi sebagai berikut:

$$Growth_t = \beta_0 + \beta_1 DModal_t + \beta_2 DLabor_t + \beta_3 DEnergi_t + \beta_4 DTeknologi_t + \epsilon_t \quad (4)$$

di mana:  $t$  = periode waktu atau tahun = {1991, ..., 2021},  $Growth_t$  = pertumbuhan ekonomi pada tahun  $t$  (%),  $DModal_t$  = perubahan pembentukan modal bruto (*constant 2015 US\$*) pada tahun  $t = Modal_t - Modal_{t-1}$ ;  $DLabor_t$  = perubahan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi pada tahun  $t$  (%) =  $Labor_t - Labor_{t-1}$ ;  $DEnergi_t$  = perubahan konsumsi energi pada tahun  $t$  (Mtoe) =  $Energi_t - Energi_{t-1}$ ;  $DTeknologi_t$  = perubahan kemajuan teknologi pada tahun  $t$  = perubahan *energy intensity (koef/GDP constant 2015 PPP)* pada tahun  $t = Teknologi_t - Teknologi_{t-1}$ ;  $\beta_0$  = intersep model,  $\beta_k$  = koefisien regresi ke- $k$  dengan  $k$  = indeks untuk variabel bebas = 1, 2, 3, 4,  $\epsilon$  = *error* model.

**Tabel 1**  
**Hasil Uji Stasioneritas dengan Uji ADF**

Variabel	t Statistik	Prob.	Variabel	t Statistik	Prob.
<i>Growth</i>	-4,079	0,0010 ***	<i>DModal</i>	-6,922	0,0000 ***
<i>Modal</i>	-1,860	0,3512	<i>DLabor</i>	-4,866	0,0000 ***
<i>Labor</i>	-1,751	0,4048	<i>DEnergi</i>	-6,520	0,0000 ***
<i>Energi</i>	-1,417	0,5740	<i>DTeknologi</i>	-4,666	0,0001 ***
<i>Teknologi</i>	0,282	0,9765			

Catatan: (1) \*\*\* artinya signifikan pada  $\alpha = 1\%$ , (2) Variabel yang diawali huruf D berarti dalam bentuk *first difference*.

Sumber: hasil pengolahan data peneliti

Setelah dipastikan seluruh data stasioner, maka model (1) diestimasi dengan *robust standard error* agar dipastikan memenuhi asumsi homoskedastisitas (*varians error* model sama untuk setiap nilai variabel bebas) (Wooldridge, 2020) dan dilakukan pengujian untuk memastikan model tersebut memenuhi asumsi-asumsi lain yang digunakan dalam model regresi dengan metode OLS (McClaude *et al.*, 2022; Wooldridge, 2020), yaitu normalitas dari *error* model, tidak adanya korelasi antara *error* yang berurutan atau tidak ada autokorelasi dan tidak ada multikolinearitas (*multicollinearity*), yang berarti tidak terdapat hubungan linear di antara variabel bebas.

**(3) Uji Normalitas**

Tabel 2 menyajikan hasil uji normalitas *error* model menggunakan uji Shapiro Wilk (Field, 2018). Karena nilai peluang statistik uji Shapiro Wilk adalah  $0,599 > 10\% = \alpha$ , maka dapat disimpulkan *error* model (1) berdistribusi normal.

**Tabel 2**  
**Uji Shapiro Wilk**

Variabel	Obs	W	V	z	Prob > z
<b>residual</b>	31	0,973	0,886	-0,251	0,599

Sumber: hasil pengolahan data peneliti

**(4) Uji Autokorelasi**

Uji autokorelasi dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi korelasi antara *error* model dari suatu periode  $t$  dengan periode sebelumnya ( $t-1$ ). Model regresi yang baik adalah regresi yang bebas dari autokorelasi atau tidak terjadi autokorelasi. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya autokorelasi adalah dengan statistik Durbin-Watson (McClaude *et al.*, 2022; Wooldridge, 2020). Statistik Durbin-Watson dari model (1) adalah 1,9487. Karena nilai tersebut sekitar 2, maka dapat disimpulkan tidak terjadi masalah autokorelasi.

**(5) Uji Multikolinearitas**

Untuk mendeteksi adanya gejala multikolonieritas dalam model penelitian dapat dilihat dari nilai *Variance Inflation Factor (VIF)* (McClaude *et al.*, 2022; Wooldridge, 2020). Berdasarkan hasil pada Tabel 3 dapat dilihat semua nilai *VIF* tidak ada yang lebih dari 10 atau semua nilainya kurang dari 10. Artinya pada model regresi ini tidak terjadi multikolinieritas atau dalam model ini tidak terdapat korelasi yang kuat antara variabel bebas.

**Tabel 3**  
**Hasil Uji Multikolinearitas dengan Nilai VIF**

	VIF
<i>DTeknologi</i>	1,47
<i>DEnergi</i>	1,45
<i>DModal</i>	1,14
<i>DLabor</i>	1,08
Rata-rata VIF	1,29

Sumber: hasil pengolahan data peneliti

## HASIL PENELITIAN

Tabel 5 menyajikan hasil estimasi untuk model (1).

**Tabel 4**  
**Hasil Estimasi Model Regresi**

Number of obs = 31

F(3,26) = 34,48  
Prob > F = 0,0000\*\*\*

R-squared = 0,8853

Root MSE = 1,3788

Variabel	Koefisien	Standard Error	t-Statistik	Probabilitas
<i>DEnergi</i>	0,4366	0,0502	8,70	0,000 ***
<i>DTeknologi</i>	-830,4173	97,5302	-8,51	0,000 ***
<i>DModal</i>	6,08e-12	7,71e-13	0,79	0,437
<i>DLabor</i>	-0,3971	0,3687	-1,08	0,291
Konstanta	1,4583	0,4336	3,36	0,002 ***

Catatan: (1) Variabel terikat = *Growth*, (2) \*\*\* artinya signifikan pada  $\alpha = 0,01$  (2) Variabel yang diawali huruf D berarti dalam bentuk *first difference*.

Sumber: hasil pengolahan data peneliti

## PEMBAHASAN

### Uji Pengaruh secara Simultan

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh nilai F statistik sebesar 34,48 dengan probabilitas F statistic sebesar  $0,0000 < 1\% = \alpha$ . Dengan demikian model regresi signifikan atau dapat diartikan bahwa perubahan konsumsi energi dalam 1 tahun (*DEnergi*), perubahan teknologi atau perubahan intensitas energi dalam 1 tahun (*DTeknologi*), perubahan pembentukan modal bruto dalam 1 tahun (*DModal*), perubahan rasio angkatan kerja terhadap populasi dalam 1 tahun (*DLabor*), berpengaruh signifikan secara simultan terhadap pertumbuhan ekonomi (*Growth*).

### Koefisien Determinasi

Berdasarkan Tabel 4, nilai koefisien determinasi atau *R-Square* adalah sebesar 0,8853 atau 88,53% yang dapat ditafsirkan bahwa perubahan konsumsi energi dalam 1 tahun, perubahan teknologi (perubahan intensitas energi) dalam 1 tahun, perubahan pembentukan modal bruto dalam 1 tahun dan perubahan rasio angkatan kerja yang bekerja terhadap total populasi dalam 1 tahun, dapat menjelaskan 88,53% variasi nilai pertumbuhan ekonomi dan 56,61% lainnya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain di luar variabel-variabel tersebut.

### Uji Pengaruh secara Parsial

Tabel 4 menunjukkan nilai probabilitas t statistik variabel perubahan konsumsi energi dalam 1 tahun sebesar  $0,000 < 1\% = \alpha$ . Artinya perubahan konsumsi energi dalam 1 tahun berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi ( $H_{a1}$  diterima). Temuan ini sesuai dengan teori produksi bahwa salah satu faktor yang dibutuhkan dalam proses produksi adalah sumber daya alam (lihat persamaan 3). Selain berupa bahan baku produksi, sumber daya alam juga dapat berupa sumber daya pembangkit energi. Energi dibutuhkan dalam setiap proses produksi. Kekurangan energi pasti akan menghambat proses produksi dan mengurangi kuantitas produksi.

Sedangkan PDRB yang digunakan untuk menghitung pertumbuhan ekonomi, merupakan nilai dari semua barang dan jasa yang diproduksi dalam suatu perekonomian dalam kurun waktu tertentu. Karena itu, energi berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi. Temuan ini mendukung hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang menemukan konsumsi energi yang bisa diperbaharui di Asia Tenggara (Ula & Affandi, 2019), perdagangan migas (Atmaja et al., 2016) serta perdagangan minyak bumi (Mustika et al., 2015) berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia serta konsumsi energi *hydropower* mempengaruhi PDB di beberapa negara anggota G-20, baik dalam jangka pendek maupun panjang (Alfisyahri et al., 2020). Tetapi temuan ini tidak mendukung hasil penelitian yang menemukan konsumsi energi tidak berpengaruh terhadap PDB Indonesia (Jafari et al., 2012; Putra & Satrianto, 2019), demikian pula dalam jangka panjang (Fariz & Muljaningsih, 2015). Nilai koefisien regresi variabel perubahan konsumsi energi dalam 1 tahun sebesar 0,4366 berarti apabila perubahan konsumsi energi dalam 1 tahun naik sebesar 0,4366 mtoe maka pertumbuhan ekonomi akan naik sebesar 0,4366%. Energi dibutuhkan dalam proses produksi barang/jasa apa pun. Semakin banyak kuantitas produksi yang ingin dihasilkan, maka semakin banyak energi yang dibutuhkan dalam proses produksi. Energi dapat dibangkitkan dari energi tak terbarukan (*non renewable energy*) dan energi terbarukan (*renewable energy*). Karena energi tak terbarukan lambat laun akan habis, maka pemerintah Indonesia sudah mulai mengembangkan energi terbarukan dan menargetkan pencapaian bauran energi baru terbarukan (EBT) di tahun 2025 bisa mencapai 23% (DJKN, 2022). Permasalahannya adalah saat ini densitas dari (kemampuan membangkitkan) energi terbarukan masih jauh dari densitas energi tak terbarukan (Fevriera et al., 2018). Untuk itu, riset dan pengembangan untuk membangkitkan energi dari sumber daya terbarukan masih sangat dan harus terus dilakukan agar pertumbuhan ekonomi dapat berkelanjutan. Nilai probabilitas t statistik variabel perubahan teknologi (perubahan intensitas energi) dalam 1 tahun sebesar  $0,000 < 1\% = \alpha$ . Artinya perubahan intensitas energi dalam 1 tahun berpengaruh signifikan negatif (perubahan teknologi berpengaruh positif) terhadap pertumbuhan ekonomi ( $H_{a2}$  diterima). Dengan demikian kemajuan teknologi berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi. Temuan ini sesuai dengan teori produksi yang selalu menunjukkan teknologi merupakan faktor yang mempengaruhi kuantitas produksi (lihat persamaan 2 dan 3). Temuan ini juga sesuai dengan teori pertumbuhan endogen di mana teknologi terus berkembang seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan berkembang melalui kegiatan *research and development*. Selanjutnya, *technology spillover* membuat perkembangan teknologi tersebut juga dapat dinikmati pihak-pihak yang tidak ikut melakukan investasi dalam hal pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sehingga teknologi dapat berkembang secara spasial. Peningkatan teknologi memungkinkan peningkatan output secara signifikan dan karena itu dapat mempengaruhi PDRB serta selanjutnya pertumbuhan ekonomi, secara signifikan. Teori pertumbuhan endogen, teknologi tidak bersifat eksogenus, melainkan endogenus di mana tabungan dan investasi dapat membuat pertumbuhan ekonomi tidak stabil (*steady state condition*) tetapi dapat terus bertumbuh. Investasi dapat terwujud dalam bentuk pengetahuan (*knowledge*). Perkembangan sains dan teknologi telah memungkinkan terjadi perkembangan ilmu pengetahuan (*increasing returns to knowledge*) sehingga asumsi bahwa terjadi *constant returns to capital* menjadi realistis dalam jangka panjang. Pengetahuan dapat berkembang melalui riset serta pengembangan (*research and development*) dan riset serta pengembangan dapat mendorong terjadinya inovasi atau kemajuan teknologi dalam kegiatan produksi. Pengetahuan dapat diperoleh tenaga kerja melalui pendidikan atau pelatihan yang ditempuhnya sehingga pendidikan dan ketrampilan tenaga kerja merupakan modal manusia (Mankiw, 2019). Temuan ini mendukung hasil penelitian yang menemukan teknologi (modal per tenaga kerja) berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi Provinsi Aceh (Wahyuni et al., 2013). Namun temuan ini tidak mendukung hasil penelitian yang menemukan bantuan teknologi tidak mempengaruhi PDB Indonesia (Fatmawati & Syafitri, 2015) dan teknologi (intensitas energi = rasio antara energi listrik PLN yang terjual dengan PDRB) tidak mempengaruhi PDRB riil pulau Jawa (Fevriera et al., 2022). Nilai koefisien regresi sebesar  $-830,4173$  berarti apabila perubahan intensitas energi dalam 1 tahun turun sebesar 1 koe/\$ (teknologi makin maju karena penggunaan energi makin hemat) maka pertumbuhan ekonomi akan naik sebesar 830,4173% atau jika intensitas energi dalam 1 tahun turun sebesar 1 toe/\$ maka pertumbuhan ekonomi akan naik sebesar 0,8304173%. Jadi kemajuan teknologi akan meningkatkan produktivitas dunia usaha. Kemajuan teknologi itu dapat berupa proses produksi maupun dalam hal inovasi jenis produk. Nilai probabilitas t statistik variabel perubahan pembentukan modal bruto dalam 1 tahun sebesar  $0,437 > 10\% = \alpha$ . Artinya perubahan pembentukan modal bruto dalam 1 tahun tidak berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi ( $H_{a3}$  ditolak). Temuan ini mendukung hasil penelitian yang menemukan stok modal tidak berpengaruh positif terhadap PDB Indonesia (Jafari et al., 2012) dan pembentukan modal tetap bruto tidak berpengaruh positif pertumbuhan ekonomi Indonesia (Fariz & Muljaningsih, 2015). Tetapi temuan ini tidak mendukung hasil penelitian yang menemukan dalam jangka pendek maupun

panjang *FDI* (*foreign direct investment*) berpengaruh positif terhadap PDB Indonesia (Fatmawati & Syafitri, 2015), pembentukan modal tetap bruto berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi negara-negara anggota ASEAN (Ula & Affandi, 2019), serta realisasi investasi (PMA dan PMD) berpengaruh positif terhadap PDRB riil pulau Jawa (Fevriera *et al.*, 2022). Perbedaan hasil penelitian ini kemungkinan disebabkan karena penelitian ini menggunakan pembentukan modal bruto, sedangkan dalam penelitian sebelumnya digunakan *FDI* (Fatmawati & Syafitri, 2015) sebagai indikator untuk modal. Perbedaan lain adalah penelitian ini dilakukan untuk Indonesia, sementara beberapa penelitian sebelumnya untuk pulau Jawa (Fevriera *et al.*, 2022) dan ASEAN (Ula & Affandi, 2019). Nilai probabilitas *t* statistik variabel perubahan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi dalam 1 tahun sebesar  $0,291 > 10\% = \alpha$ . Artinya perubahan rasio angkatan kerja yang bekerja terhadap total populasi dalam 1 tahun tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi ( $H_{a4}$  ditolak). Temuan ini mendukung hasil penelitian yang menemukan proporsi penduduk usia produktif yang bekerja tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi Asia Tenggara Ula & Affandi, 2019) dan angkatan kerja tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia (Fariz & Muljaningsih, 2015). Namun tidak mendukung hasil penelitian yang menemukan jumlah tenaga kerja berpengaruh positif terhadap PDRB riil di pulau Jawa (Fevriera *et al.*, 2022) dan jumlah tenaga kerja berpengaruh positif terhadap PDB Indonesia (Fatmawati & Syafitri, 2015). Perbedaan hasil penelitian ini kemungkinan disebabkan karena penelitian ini menggunakan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi (rasio angkatan kerja yang bekerja terhadap total populasi), sedangkan penelitian-penelitian sebelumnya menggunakan jumlah tenaga kerja (Fatmawati & Syafitri, 2015; Fevriera *et al.*, 2022).

Temuan bahwa perubahan pembentukan modal bruto dalam 1 tahun dan perubahan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi dalam 1 tahun tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi sedangkan kemajuan teknologi berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi mengindikasikan peningkatan produktivitas yang dapat mendorong pertumbuhan ekonomi tidak cukup hanya dilakukan dengan menambah kuantitas modal fisik dan tenaga kerja saja. Peningkatan kuantitas modal fisik dan tenaga kerja harus dibarengi dengan peningkatan teknologi produksi serta modal manusia. Hal ini membuktikan teori pertumbuhan endogen berlaku di Indonesia. Karena itu, pemerintah perlu mendorong pengembangan *knowledge* serta *research and development*, misalnya melalui investasi dalam dunia pendidikan serta investasi dalam bentuk dana penelitian, maupun membuat kebijakan-kebijakan dan menciptakan iklim usaha yang kondusif untuk dapat mengundang investor ke Indonesia, khususnya untuk berinvestasi dalam pengembangan teknologi produksi di Indonesia.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh konsumsi energi, kemajuan teknologi, pembentukan modal bruto dan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi terhadap pertumbuhan ekonomi. Perubahan konsumsi energi, perubahan teknologi (perubahan intensitas energi), perubahan pembentukan modal bruto dan perubahan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi dalam 1 tahun secara bersama-sama berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Keempat variabel tersebut dapat menjelaskan 88,53% variasi nilai pertumbuhan ekonomi. Secara individual, penelitian ini menemukan perubahan konsumsi energi dalam 1 tahun berpengaruh signifikan positif dan perubahan teknologi dalam 1 tahun berpengaruh signifikan positif (perubahan intensitas energi dalam 1 tahun berpengaruh signifikan negatif) terhadap pertumbuhan ekonomi. Sedangkan perubahan pembentukan modal bruto dan perubahan rasio penduduk usia kerja (+15) yang bekerja terhadap total populasi dalam 1 tahun tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi.

### Saran

Karena konsumsi energi berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi, sedangkan saat ini bauran energi baru dan terbarukan belum mencapai 23%, maka diperlukan kebijakan-kebijakan untuk mempercepat pengembangan dan penerapan untuk energi yang dibangkitkan dari sumber daya baru dan terbarukan dengan tetap memperhatikan keamanan lingkungan. Karena kemajuan teknologi berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi, maka pemerintah harus tetap berinvestasi di sektor pendidikan dan meningkatkan investasi dalam hal serta *research and development* serta melakukan upaya-upaya untuk dapat mendorong

investor masuk ke Indonesia, khususnya untuk investasi yang dapat mengembangkan teknologi produksi di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfisyahri, N., Syafruddin Karimi, & Ridwan, E. (2020). Hubungan Kausalitas Konsumsi Energi Hydropower, Emisi Karbon Dioksida dan Pertumbuhan Ekonomi pada Negara-negara G20. *Jurnal Ilmiah MEA (Manajemen, Ekonomi, Dan Akuntansi)*, 4(1), 114–127. <https://doi.org/10.31955/mea.v4i1.273>
- Atmaja, B. T., Suhadak, & Hidayat, R. R. (2016). Analisis Pengaruh Timbal Balik Ekspor Impor Minyak Dan Gas Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia (Studi pada Bank Indonesia Periode 2006-2014). *Jurnal Administrasi Bisnis (JAB)*, 31(1), 176–183.
- DJKN. (2022). *Bauran Energi Baru Terbarukan Ditargetkan 23% di 2025*.
- Enerdata. (2022a). *Energy Intensity*.
- Enerdata. (2022b). *Total Energy Consumption*.
- Enerdata. (2023). *Glossary*.
- Faisol, Pudjihardjo M, S. D. B. H. A. (2020). Does The Effectiveness of The Government Expenditure Accelerate Economic Growth? *Advances in Economics, Business and Management Research, Volume 144, 144(Afbe 2019)*, 7–14. <https://doi.org/10.2991/aeblr.k.200606.002>
- Faisol, P. M. D. B. S. H. A. (2018). The Impact of Public Expenditure and Efficiency for Economic Growth in Indonesia. *Journal of Applied Economics Sciences*, XIII(7), 1992–2003. <http://cesmaa.org/Extras/JAESArchive>
- Fariz, M., & Muljaningsih, S. (2015). Pengaruh Konsumsi Energi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Indonesia Periode 1980-2012. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB Universitas Brawijaya*, 3(2).
- Fatmawati, I., & Syafitri, W. (2015). Analisis Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Dengan Model Solow Dan Model Schumpeter *Jurnal Ilmiah. Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*.
- Fevriera, S., Archintia, S., & Siwi, V. N. (2022). How Capital, Labor, and technology influence Java's Economic Growth. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 23(2), 269–282. <https://doi.org/10.23917/jep.v23i2.18278>
- Fevriera, S., Bogmans, C., & Mulder, P. (2018). Urbanization versus Renewable Energy Transition in Developing Countries: A Spatial Energy Model and Evidence for Indonesia. *Spatial System: Social Integration, Regional Development and Sustainability*.
- Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (5th ed.). SAGE Publication.
- Gujarati, D. (2015). *Econometrics by Example* (Second). Palgrave.
- Jafari, Y., Othman, J., Hassan, A., & Mohd, S. (2012). Energy Consumption, Economic Growth and Environmental Pollutants in Indonesia. *Journal of Policy Modeling*, 34(6), 879–889. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2012.05.020>
- Mankiw, N. G. (2019). *Macroeconomics* (Tenth). Worth Publishers.
- Mankiw, N. G. (2021). *Principles of Economics* (Issue February).
- McClaude, J. T., Benson, P. G., & Sincich, T. (2022). *Statistics for Business and Economics* (14 (Global). Pearson.
- Mustika, Haryadi, & Hodijah, S. (2015). Pengaruh Ekspor dan Impor Minyak Bumi terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. *Jurnal Perspektif Pembiayaan Dan Pembangunan Daerah*, 2(3), 107–118. <https://doi.org/10.22437/ppd.v2i3.2267>
- Nugraha, A. T., & Osman, N. H. (2019). CO 2 Emissions , Economic Growth , Energy Consumption , and Household Expenditure for Indonesia : Evidence from Cointegration and Vector Error Correction Model. *Internasional Journal of Energy and Policy*, 9(April), 291–298. <https://doi.org/10.32479/ijep.7295>
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2018). *Microeconomics* (Global, 9t). Pearson Education Limited.
- Putra, S. N., & Satrianto, A. (2019). Analisis Hubungan Kausalitas Penggunaan Energi, Pertumbuhan Ekonomi dan Emisi Lingkungan di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan*, 1(1), 49–68. <https://doi.org/10.24036/jkep.v1i1.5349>
- Ula, T., & Affandi. (2019). Dampak Konsumsi Energi Terbarukan Terhadap Pertumbuhan Ekonomi: Studi di Asia Tenggara. *Journal of Economics Science*, 5(2), 26–34.
- Wahyuni, S., Hamzah, A., & Syahnur, S. (2013). Analisis Pengaruh Teknologi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Aceh (Ak Model). *Jurnal Ilmu Ekonomi*, 1(3), 9.
- Wooldridge, J. M. (2020). *Introductory Econometrics, A Modern Approach* (7th ed.). Cengage.
- World Bank. (2022). *World Development Indicators*.
- World Bank. (2023). *Employment to Population Ratio, 15+, total (%) (National Estimate)*. World Bank.