

Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi Terhadap Emisi CO₂ di Indonesia

Anggi Rosalia Putri¹, Toto Gunarto², Zulfa Emalia^{3*}, Asih Murwiati⁴

¹Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Program Studi Ekonomi Pembangunan, Universitas Lampung,
Bandar Lampung, Indonesia

Email: anggi.rosalia25@gmail.com

Abstrak–Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi terhadap Emisi CO₂ di Indonesia dalam jangka panjang dan jangka pendek. Metode analisis yang digunakan adalah *Error Correction Model* (ECM) dengan data penelitian sebanyak 28 dari tahun 1992 sampai 2020. Dengan variabel penelitian yaitu Emisi CO₂ (CO₂), Pertumbuhan Ekonomi (*Growth*), Pertumbuhan Penduduk (POP), dan Konsumsi Energi (KE). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada model jangka pendek dan jangka panjang variabel pertumbuhan ekonomi tidak berpengaruh signifikan, sedangkan variabel pertumbuhan penduduk, dan konsumsi energi berpengaruh signifikan.

Kata Kunci: Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, Konsumsi Energi, Emisi CO₂, *Error Correction Model* (ECM)

Abstract– The purpose of this study is to see the effect of Economic Growth, Population Growth, and Energy Consumption on CO₂ Emissions in Indonesia in the long and short term. The analytical method used is the Error Correction Model (ECM) with 28 research data from 1992 to 2020. The research variables are CO₂ Emissions (CO₂), Economic Growth (*Growth*), Population Growth (POP), and Energy Consumption (KE). The results of this study indicate that in the short term and long-term models the economic growth variable has no significant effect, while the population growth and energy consumption variables have a significant effect.

Keywords: *Economic Growth, Population Growth, Energy Consumption, Emissions CO₂, Error Correction Model (ECM)*

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, isu tentang kualitas lingkungan sering diangkat dalam konferensi tingkat tinggi seperti UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*). Menurut *Institute for Essential Services Reform* terdapat 190 negara yang turut hadir dalam konferensi tersebut. Isu-isu yang dibahas pada konferensi tersebut yaitu, kesehatan, energi dan perubahan iklim, dll. Perubahan iklim dan suhu sebagai akibat dari tingginya konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) yang berada di atmosfer bumi menyebabkan pemanasan secara global. Pemanasan global akibat dari adanya efek Gas Rumah Kaca (GRK) ini menjadi masalah utama terhadap kualitas lingkungan di dunia. Secara global, di berbagai negara di dunia emisi penyusun GRK terus tumbuh yaitu di antara tahun 1992-2020 mencapai 1,5% pertahun (Codal, Ari, and Codal 2021).

Kualitas lingkungan dapat diukur dengan tingkat emisi karbon dioksida (CO₂), dimana CO₂ ini berpengaruh terhadap tingkat polusi. Menurut Carbon Dioxide Information Analysis Center, World Bank (2018) pada tahun 1960 sampai 2013 emisi karbon dioksida di dunia mengalami peningkatan secara terus menerus. Meningkatnya emisi CO₂ disebabkan oleh kegiatan manusia yang diperkirakan akan semakin meningkat, dikarenakan pertumbuhan ekonomi yang mendorong perkembangan industri dan tingkat konsumsi suatu negara. Sumbangan utama manusia terhadap jumlah CO₂ dalam atmosfer berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yaitu minyak bumi, batu bara, dan gas bumi. Dampak yang ditimbulkan dari peningkatan suhu di permukaan bumi adalah terganggunya hutan dan ekosistem lainnya, sehingga mengurangi kemampuannya untuk menyerap CO₂ di atmosfer.

Menurut *World Resource Institute Indonesia* pada tahun 2011 lonjakan pertumbuhan emisi CO₂ menempatkan Indonesia di urutan 9 sebagai negara penghasil emisi terbesar di dunia. Kemudian pada tahun 2014 Indonesia menempati urutan ke 6 negara penghasil emisi CO₂ di dunia, pada tahun 2015 Indonesia menempati peringkat ke 8 sebagai negara dengan polusi paling mematikan di dunia, karena penghancuran hutan hujan dan lahan gambut yang kaya akan karbon untuk perkebunan kelapa sawit dan kertas. Kondisi ini diperparah dengan berkurangnya hutan di

Indonesia akibat dari penebangan liar dan perubahan lahan hutan untuk perkebunan yang mengakibatkan pohon-pohon didalamnya yang berfungsi menyerap gas karbondioksida menjadi berkurang. Dan pada tahun 2020 Indonesia menempati posisi ke 8 sebagai negara penghasil emisi CO₂.

Pertumbuhan ekonomi merupakan salah satu indikator dalam proses pembangunan suatu negara atau untuk melihat seberapa besar keberhasilan suatu negara dalam bidang perekonomian. Pertumbuhan ekonomi melihat bagaimana aktivitas perekonomian berpengaruh terhadap peningkatan pendapatan pada masyarakat di suatu negara pada periode tertentu. Selain itu, pertumbuhan ekonomi juga menggambarkan bagaimana perekonomian dengan barang dan jasa yang besar bias secara lebih baik memenuhi permintaan rumah tangga, perusahaan, dan pemerintah (Indraswari 2016).

Penduduk memiliki peran ganda terhadap lingkungan. Di satu sisi, penduduk berperan sebagai faktor pendorong atau penyebab terjadinya degradasi lingkungan seiring dengan adanya ledakan jumlah penduduk. Di sisi lain, penduduk juga berperan sebagai penerima atau terdampak dari degradasi itu sendiri. Holdern (2018) menyatakan bahwa menurut model *Impact Population Affluence Technology* (IPAC), penduduk menjadi variabel yang memiliki pengaruh terhadap emisi CO₂.

Ekonomi dan energi merupakan dua hal yang berkaitan. Energi bersifat kompleks dan dinamis dalam perekonomian, baik untuk kebutuhan konsumsi sektor rumah tangga maupun untuk konsumsi sektor industri dalam aktivitas produksinya. Selain itu pemakaian atau konsumsi energi merupakan sarana untuk menggerakkan industrialisasi perekonomian serta menjadi sarana akumulasi modal pembangunan baik bersifat komplementer ataupun substitusi untuk menghasilkan output-output dalam perekonomian. Secara sektoral pemakaian sumberdaya energi dibagi menjadi beberapa sektor yaitu sektor transportasi, industri, pertanian, layanan komersial, sektor rumah tangga dan sektor lainnya (Tang 2017)

Indonesia saat ini masih bergantung pada konsumsi energi fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Ketergantungan dunia terutama Indonesia terhadap bahan bakar fosil menimbulkan dampak serius terhadap lingkungan termasuk pencemaran udara, pemanasan global, dan emisi gas rumah kaca. Pemerintah berupaya untuk mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan sebagaimana tertulis pada Peraturan Pemerintah Nomor 79 tahun 2014 Pasal 11 ayat 2 menjelaskan tentang prioritas pengembangan energi nasional yaitu: (1) Memaksimalkan penggunaan energi terbarukan dengan memperhatikan tingkat perekonomian; (2) Meminimalkan penggunaan minyak bumi; (3) Memanfaatkan gas bumi dan energi baru; (4) Menggunakan batu bara sebagai andalan pasokan energi nasional.

2. METODE

2.1 Jenis dan Sumber Data

Jenis penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dengan jenis data *time series*. Data *time series* berasal dari data 28 tahun terakhir dari tahun 1992-2020. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang berasal dari BPS (Badan Pusat Statistik) Indonesia, *BP Statistical Review of Global Energy (World Energy)*, *World Energy*. Berikut merupakan variabel, simbol, satuan, dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini.

2.2 Definisi Operasional Variabel

Penelitian ini menggunakan variabel terikat (*dependent variabel*) Emisi CO₂, sedangkan variabel bebasnya (*independent variabel*) yaitu beberapa variabel yang dianggap akan berpengaruh terhadap Emisi CO₂, variabel tersebut yaitu : Pertumbuhan Ekonomi (Growth), Pertumbuhan Penduduk (POP), dan Konsumsi Energi (KE). Dalam penelitian ini empat variabel tersebut adalah sebagai berikut :

1. Emisi karbon dioksida (CO₂)

Emisi karbon dioksida merupakan senyawa yang terdiri dari dua buah atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan satu buah atom karbon. Karbon dioksida merupakan senyawa yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil. Emisi CO₂ dari pembakaran bahan bakar fosil yang terakumulasi di atmosfer dapat menyebabkan efek gas rumah kaca yang mengakibatkan pemanasan global..

2. Pertumbuhan Ekonomi (*Growth*)

Pertumbuhan Ekonomi merupakan besarnya pendapatan rata-rata penduduk di suatu daerah. Pendapatan per kapita sering digunakan sebagai tolak ukur kemakmuran dan tingkat pembangunan sebuah daerah. Semakin besar pendapatan per kapitanya, maka semakin besar juga kemungkinan daerah tersebut memiliki tingkat pembangunan dan pendapatan rata-rata penduduk yang tinggi.

3. Pertumbuhan Penduduk (POP)

Pertumbuhan Penduduk merupakan jumlah keseluruhan penduduk di suatu daerah. Yang dalam penelitian ini adalah jumlah penduduk yang ada dan tinggal di provinsi-provinsi di Indonesia

4. Konsumsi Energi (KE)

Konsumsi energi, penggunaan energi mengacu pada penggunaan energi primer sebelum ditransformasi bentuk energi bahan bakar lain, yang sama dengan produksi asli ditambah impor dan perubahannya, dikurangi ekspor dan bahan bakar yang dipasok ke kapal dan pesawat yang terlibat dalam perjalanan internasional.

2.3 Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis data model Error Correction Model (ECM). Pemilihan metode ini sesuai dengan tujuan dalam penelitian, yaitu untuk menganalisis pengaruh variabel Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi terhadap Emisi CO₂ di Indonesia baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Selain digunakan untuk melihat pengaruh jangka panjang dan jangka pendek variabel bebas terhadap variabel terikat, ECM juga digunakan untuk menyeimbangkan perilaku ekonomi yang sering menunjukkan ketidakseimbangan, sehingga perlu suatu model yang memasukkan variabel penyesuaian untuk melakukan koreksi bagi ketidakseimbangan tersebut (Widarjono, 2018) dan mengatasi data yang tidak stasioner serta regresi lancung. Dalam penelitian ini menggunakan alat bantu analisis software komputer program Eviews 10.

2.4 Prosedur Analisis Data

a. Uji Stasioneritas

Uji stasioneritas digunakan untuk melihat apakah data yang diamati stasioner atau tidak sebelum melakukan regresi data. Stasioner merupakan salah satu prasyarat penting untuk data runtun waktu (time series). Data time series dapat dikatakan stasioner jika memiliki rata-rata dan varian yang konstan sepanjang waktu serta kovarian antara dua runtun terdapat data yang tidak stasioner dalam model, maka data tersebut harus di pertimbangkan kembali kestabilan dan validitasnya, karena hasil regresi yang berasal dari data tidak stasioner dapat memiliki regresi dengan R² yang tinggi, namun tidak ada hubungan yang berarti diantara keduanya (spurious regression) (Widarjono, 2018).

Guna mengetahui stasioner data dapat dilihat dengan melalui uji Unit Root Test (uji akar unit) yang dikembangkan oleh Dickey-Fuller yang dikenal dengan uji akar unit Dickey-Fuller (DF). Jika suatu data time series tidak stasioner pada orde nol I(0), maka stasioneritas data tersebut bisa dicari melalui orde berikutnya sehingga diperoleh tingkat stasioneritas pada orde ke-n, first difference atau I(1) atau second difference I(2), dan seterusnya.

b. Uji Kointegrasi Engle-Granger

Uji kointegrasi dilakukan untuk mengetahui adanya kemungkinan hubungan keseimbangan jangka panjang pada variabel-variabel penelitian. Pada penelitian ini menggunakan

uji kointegrasi Engle-Granger (EG). Pada uji koinegrasi dari EG ini kita harus melakukan regresi persamaan terlebih dahulu dan kemudian mendapatkan residualnya. Dari residual ini kemudian kita uji menggunakan uji akar unit yang dikembangkan oleh Dickey-Fuller melalui uji DF maupun ADF-nya.

c. *Error Correction Model* (ECM)

Penelitian ini merupakan penelitian data time series dengan menggunakan pendekatan Error Corection Model. ECM adalah teknik untuk mengoreksi ketidakseimbangan jangka pendek menuju pada keseimbangan jangka panjang,. Persamaan dasar yang disusun dalam penelitian ini sebagai berikut:

$$CO2_t = \beta_0 + \beta_1 t Growth_t + \beta_2 POP_t + \beta_3 KE_t - \beta_4 ECT_t + e_t$$

Keterangan:

- CO2 = Emisi CO2
- Growth = Pertumbuhan Ekonomi
- POP = Pertumbuhan Penduduk
- KE = Konsumsi Energi
- t = 1,2, ..., n, menunjukkan dimensi runtun waktu (time series)
- β = Konstanta
- $\beta_1, 2, 3, 4$ = Koefisien
- e = Residual (error term)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengolahan Data

a. Hasil Uji Stasioneritas

Berdasarkan uji stasioneritas menggunakan metode Augmented Dickey-Fuller (ADF) pada tingkat first difference adalah sebagai berikut:

Table 1. Nilai Uji Akar Unit Dengan Metode Uji ADF Pada Tingkat *First Difference*

Variabel	Nilai ADF t-statistik	Nilai Kritis MacKinnon			Prob	Keterangan
		1%	5%	10%		
CO2	-4.97273	-3.711457	-2.981038	-2.629906	0.0005	Stasioner
Growth	-4.12713	-3.724070	-2.986225	-2.632604	0.0039	Stasioner
POP	-5.19615	-3.699871	-2.976263	-2.627420	0.0002	Stasioner
KE	-3.43975	-3.699871	-2.976263	-2.627420	0.0182	Stasioner

Sumber: Hasil Pengolahan Eviews 10

Berdasarkan hasil unit root test pada tingkat first difference dalam Tabel diatas menunjukkan bahwa semua variabel pada penelitian ini sudah stasioner. Hal ini terlihat dari nilai absolut statistik Emisi CO2 sebesar -4.97273, Pertumbuhan Ekonomi sebesar -412713, Pertumbuhan Penduduk sebesar -5.19615, dan Konsumsi Energi sebesar -3.43975 lebih besar dari nilai kritis pada table MacKinnon pada berbagai tingkat kepercayaan (1%, 5%, dan 10%). Dapat terlihat juga dari nilai probabilitasnya yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai $\alpha = 5\%$ atau 0,05. Hasil ini menunjukkan bahwa semua variabel dalam pengujian ini menggunakan variabel yang terintegrasi pada derajat pertama atau first difference.

b. Hasil Uji Kointegrasi

Dalam penelitian ini untuk menguji kointegrasi menggunakan metode residual based test. Metode residual based test ini menggunakan uji statistic Augmented Dickey-Fuller yaitu dengan

mengamati residual regresi kointegrasi stasioner atau tidak. Untuk menghitung nilai ADF dapat dilakukan dengan membuat persamaan regresi kointegrasi dengan metode OLS (Ordinary Least Squares). Hasil dari uji kointegrasi adalah sebagai berikut:

Table 2. Hasil Uji Kointegrasi

Variabel	Koefisien	Std.Error	t-statistik	Prob.	R2
C	784.0461	268.8631	2.916154	0.0074	0.88087
GROWTH	2.096764	2.246989	0.922144	0.3597	
POP	-5.164470	1.798083	-2.872206	0.0082	
KE	0.527479	0.104097	5.067202	0.0000	

Sumber: Hasil Pengolahan Eviews 10

Tabel 3. Nilai Uji Kointegrasi Dengan Metode EG Pada Tingkat Level

Variabel	ADF t-statistik	Critical Value			Prob.	Keterangan
		1%	5%	10%		
Residu	-3.78007	-3.689194	-2.971853	-2.625121	0.0081	Terkointegrasi

Sumber: Hasil Pengolahan Eviews 10

c. Hasil Regresi *Error Correction Model* (ECM)

Setelah seluruh variabel dalam penelitian terintegrasi, langkah yang perlu dilakukan selanjutnya adalah melakukan model koreksi kesalahan (*Error Correction Model*). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui variabel yang mempengaruhi Emisi Karbon dalam jangka pendek. Pada uji ini menggunakan metode *Error Correction Model* (ECM) Engle-Granger (EG) dengan penyesuaian EC dengan variabel terikat Emisi Karbon. Hasil estimasi regresi ECM metode Engle-Granger dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Table 4. Hasil Uji *Error Correction Model* (ECM)

Variabel	Koefisien	Std.Error	t-statistik	Prob.	R2
C	149.9841	67.75719	2.213553	0.0371	0.50813
D(GROWTH)	0.061228	1.758396	0.034821	0.9725	
D(POP)	42.27761	21.21675	1.992653	0.0583	
D(KE)	0.608405	0.143781	4.231470	0.0003	
ECT	-0.90564	0.233983	-3.870541	0.0008	

Sumber: Hasil Pengolahan Eviews 10

Berdasarkan tabel diatas, hasil ujikointegrasi dengan Engle-Granger melalui metode ADF untuk unit root test pada residu menunjukkan bahwa nilai ADF t-statistic sebesar -3.78007 nilai ini lebih besar dari nilai critical value atau nilai kritis pada level 5%, maka residual dari persamaan regresi dinyatakan stasioner pada tingkat level. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan regresi terkointegrasi sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan jangka panjang antara variabel bebas.

Berdasarkan hasil diatas, diperoleh nilai t-statistic untuk variabel ECT (*Error Correction Model*) sebesar -3.7801. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai t-tabel sebesar 1.714

pada tingkat keyakinan 5%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel ECT dalam jangka pendek berpengaruh secara negatif dan signifikan terhadap Emisi CO₂ di Indonesia.

Hasil regresi pendekatan model koreksi kesalahan (Error Correction Model Engle-Granger) pada tabel 4.5 diatas dapat ditulis kembali dalam persamaan di bawah ini:

$$CO_2t = 149.9841 + 0.061228t + 42.27761t + 0.608405t - 0.90564$$

Nilai koefisien ECT bertanda negatif dan secara statistik signifikan berarti model spesifikasi ECM Engle-Granger yang digunakan pada penelitian ini valid. Nilai koefisien ECT = 0.90564 mempunyai makna bahwa perbedaan antara nilai Emisi CO₂ dengan nilai keseimbangannya sebesar 0.90564.

3.2. Uji Hipotesis

a. Uji t-Statistik

Hasil pengujian regresi secara parsial masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat sebagai berikut:

1. Model Jangka Pendek (ECM)

Tabel 5. Model Jangka Pendek

Variabel	t-statistik	t-tabel	Prob.	Kesimpulan
D(GROWTH)	0.034821	1.714	0.9725	Tidak Signifikan
D(POP)	1.992653	1.714	0.0583	Signifikan
D(KE)	4.231470	1.714	0.0003	Signifikan
ECT	-3.87054	1.714	0.0008	Signifikan

Sumber: Hasil Pengolahan Eviews 10

b. Pertumbuhan Ekonomi

Berdasarkan hasil uji t-statistic variabel Pertumbuhan Ekonomi sebesar 0.034821. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai t-tabel sebesar 1.714 pada tingkat keyakinan 5% dan df (degree of freedom) sebesar 23. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa secara parsial variabel Pertumbuhan Ekonomi dalam jangka pendek berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap Emisi CO₂.

c. Pertumbuhan Penduduk

Berdasarkan hasil uji t-statistic variabel Pertumbuhan Penduduk sebesar 1.992653. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai t-tabel sebesar 1.714 pada tingkat keyakinan 5% dan df (degree of freedom) sebesar 23. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa secara parsial variabel Pertumbuhan Penduduk dalam jangka pendek berpengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂.

d. Konsumsi Energi

Berdasarkan hasil uji t-statistic variabel Konsumsi Energi sebesar 4.231470. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai t-tabel sebesar 1.714 pada tingkat keyakinan 5% dan df (degree of freedom) sebesar 23. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa

secara parsial variabel Konsumsi Energi dalam jangka pendek berpengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂.

2. Model Jangka Panjang

Tabel 6. Model Jangka Panjang

Variabel	t-statistik	t-tabel	Prob.	Kesimpulan
D(GROWTH)	0.922144	1.714	0.3597	Tidak Signifikan
D(POP)	-2.87221	1.714	0.0082	Signifikan
D(KE)	5.067202	1.714	0.0000	Signifikan

Sumber : Hasil Pengolahan Eviews 10

a. Pertumbuhan Ekonomi

Berdasarkan hasil uji t-statistic variabel Pertumbuhan Ekonomi sebesar 0.922144. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai t-tabel sebesar 1.714 pada tingkat keyakinan 5% dan df (degree of freedom) sebesar 23. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa secara parsial variabel Pertumbuhan Ekonomi dalam jangka panjang berpengaruh positif dan tidak signifikan terhadap Emisi CO₂.

b. Pertumbuhan Penduduk

Berdasarkan hasil uji t-statistic variabel Pertumbuhan Penduduk sebesar -2.87221. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai t-tabel sebesar 1.714 pada tingkat keyakinan 5% dan df (degree of freedom) sebesar 23. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa secara parsial variabel Pertumbuhan Penduduk dalam jangka panjang berpengaruh negatif dan signifikan terhadap Emisi CO₂.

c. Konsumsi Energi

Berdasarkan hasil uji t-statistic variabel Konsumsi Energi sebesar 5.067202. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai t-tabel sebesar 1.714 pada tingkat keyakinan 5% dan df (degree of freedom) sebesar 23. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa secara parsial variabel Konsumsi Energi dalam jangka pendek berpengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂.

3.3 Uji Signifikansi Bersama-sama (Uji F)

Uji F digunakan untuk mengetahui tingkat signifikansi pengaruh variabel-variabel independen secara bersama-sama terhadap variabel dependen (Ghozali, 2009). Uji ini dilakukan dengan cara membandingkan antara nilai F-hitung dengan F-tabel, $df = (n - k - 1) = 28 - 4 - 1 = 23 = 2.78$.

Tabel 7. Hasil Uji Bersama-sama (Uji F) Jangka Pendek

F-statistik	F-tabel	Kesimpulan
5.939976	2.78	Berpengaruh signifikan

Sumber: Hasil Pengolahan Eviews 10

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat nilai F-statistik sebesar 5.939976. Nilai ini lebih besar dibandingkan dengan nilai F-tabel pada tingkat keyakinan 5% yakni sebesar 2.78. Hal ini menunjukkan bahwa dalam penelitian ini H_0 ditolak (variabel bebas tidak berpengaruh secara bersama-sama terhadap variabel terikat). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variabel bebas

dalam penelitian ini seperti Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi dalam jangka pendek berpengaruh secara bersama-sama terhadap Emisi CO₂.

Tabel 8. Hasil Uji Bersama-sama (Uji F) Jangka Panjang

F-statistik	F-tabel	Kesimpulan
61.61964	2.78	Berpengaruh signifikan

Sumber: Hasil Pengolahan Eviews 10

Dari table diatas, dapat dilihat nilai F-statistik sebesar 61.61964. Nilai ini lebih besar dibandingkan dengan nilai F-tabel pada tingkat keyakinan 5% yakni sebesar 2.78. Hal ini menunjukkan bahwa dalam penelitian ini H₀ ditolak (variabel bebas tidak berpengaruh secara bersama-sama terhadap variabel terikat). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variabel bebas dalam penelitian ini seperti Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi dalam jangka panjang berpengaruh secara bersama-sama terhadap Emisi CO₂.

3.4. Uji Koefisiensi Determinasi (R²)

Koefisien Determinasi R² digunakan untuk mengukur seberapa baik garis regresi cocok dengan datanya atau mengukur presentase total variasi Y yang dijelaskan oleh garis regresi. Nilai R² berkisar antara 0 sampai 1. Semakin mendekati 1 semakin baik. Dalam penelitian ini variabel terikat Emisi CO₂ dapat dipengaruhi secara jangka panjang dan jangka pendek. Dalam hasil regresi jangka panjang diperoleh R² sebesar 0.8808 yang berarti bahwa variabel bebas yaitu, Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi dapat mempengaruhi variabel Emisi CO₂ sebesar 88,08% sedangkan sisanya 11,92% dipengaruhi oleh variabel lain diluar model penelitian. Sedangkan dalam regresi jangka pendek diperoleh R² sebesar 0.5081 yang berarti bahwa variabel bebas yaitu, Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi dapat mempengaruhi variabel Emisi CO₂ sebesar 50,81% sedangkan sisanya 49,19% dipengaruhi oleh variabel lain diluar model penelitian.

3.5 Pembahasan Hasil Penelitian

1. Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi terhadap Emisi CO₂ di Indonesia tahun 1992-2020

Variabel Pertumbuhan Ekonomi pada estimasi ECM memiliki nilai koefisien sebesar 0.61228. Hal ini menunjukkan bahwa pada setiap peningkatan perubahan Pertumbuhan Ekonomi sebesar 1% dengan asumsi variabel lainnya tetap, maka terjadi kenaikan Emisi CO₂ sebesar 0.61228%. Dengan t-statistik sebesar 0.034821 < t-tabel sebesar 1.714 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel Pertumbuhan Ekonomi dalam jangka pendek memiliki pengaruh positif dan tidak signifikan terhadap Emisi CO₂ di Indonesia.

Nilai variabel Pertumbuhan Ekonomi pada jangka panjang memiliki nilai koefisien sebesar 2.096764. Hal ini menunjukkan bahwa pada setiap peningkatan perubahan Pertumbuhan Ekonomi sebesar 1% dengan asumsi variabel lainnya tetap, maka terjadi kenaikan Emisi CO₂ sebesar 2.096764%. Dengan t-statistik sebesar 0.922144 < t-tabel sebesar 1.714 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel Pertumbuhan Ekonomi dalam jangka panjang memiliki pengaruh positif dan tidak signifikan terhadap Emisi CO₂ di Indonesia.

Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Ersalina Tang (2017) yang menunjukkan bahwa Pertumbuhan Ekonomi di 17 Negara Asia tidak berpengaruh secara signifikan terhadap Emisi CO₂. Yang berarti pertumbuhan ekonomi mempunyai hubungan relative kecil terhadap peningkatan Emisi CO₂. Penelitian ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Ridwan Fauzi (2015) yang menunjukkan bahwa variabel pertumbuhan ekonomi berpengaruh secara positif dan tidak signifikan terhadap emisi CO₂ yaitu sebesar 1.98%.

2. Pengaruh Pertumbuhan Penduduk terhadap Emisi CO₂ di Indonesia tahun 1992-2020

Variabel Pertumbuhan Penduduk pada estimasi ECM memiliki nilai koefisien sebesar 42.27761. Hal ini menunjukkan bahwa pada setiap peningkatan perubahan Pertumbuhan Penduduk sebesar 1% dengan asumsi variabel lainnya tetap, maka terjadi kenaikan Emisi CO₂ sebesar 42.27761%. Dengan t-statistik sebesar 1.992653 > t-tabel sebesar 1.714 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel Pertumbuhan Penduduk dalam jangka pendek memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂ di Indonesia.

Nilai variabel Pertumbuhan Penduduk pada jangka panjang memiliki nilai koefisien sebesar -5.164467. Hal ini menunjukkan bahwa pada setiap peningkatan perubahan Pertumbuhan Penduduk sebesar 1% dengan asumsi variabel lainnya tetap, maka terjadi kenaikan Emisi CO₂ sebesar -5.164467%. Dengan t-statistik sebesar -2.872206 < t-tabel sebesar 1.714 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel Pertumbuhan Penduduk dalam jangka panjang memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap Emisi CO₂ di Indonesia.

Pertumbuhan penduduk memiliki pengaruh signifikan terhadap emisi CO₂ karena pertumbuhan penduduk mendorong pertumbuhan kendaraan bermotor, perubahan gaya hidup yang mendorong konsumsi energi, penurunan ruang terbuka hijau, serta kurangnya kesadaran masyarakat mengenai pencemaran udara dan pengendaliannya.

Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Anny Key Mendonca (2020) yang menyatakan bahwa pertumbuhan penduduk memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap emisi CO₂. Pada penelitian tersebut peningkatan 1% populasi akan meningkatkan emisi CO₂ sebesar 1.67%. Penelitian ini juga didukung oleh penelitian lain yang dilakukan oleh Kangyin Dong dkk (2018) yang menyatakan bahwa populasi secara positif dan signifikan mempengaruhi peningkatan emisi CO₂.

3. Pengaruh Konsumsi Energi terhadap Emisi CO₂ di Indonesia tahun 1992-2020

Variabel Konsumsi Energi pada estimasi ECM memiliki nilai koefisien sebesar 0.60841. Hal ini menunjukkan bahwa pada setiap peningkatan perubahan Konsumsi Energi sebesar 1% dengan asumsi variabel lainnya tetap, maka terjadi kenaikan Emisi CO₂ sebesar 0.60841%. Dengan t-statistik sebesar 4.231470 > t-tabel sebesar 1.714 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel Konsumsi Energi dalam jangka pendek memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂ di Indonesia.

Nilai variabel Konsumsi Energi pada jangka panjang memiliki nilai koefisien sebesar 0.52748. Hal ini menunjukkan bahwa pada setiap peningkatan perubahan Konsumsi Energi sebesar 1% dengan asumsi variabel lainnya tetap, maka terjadi kenaikan Emisi CO₂ sebesar 0.52748%. Dengan t-statistik sebesar 5.0672 < t-tabel sebesar 1.714 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel Konsumsi Energi dalam jangka panjang memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂ di Indonesia.

Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Ersalina Tang (2017) yang menyatakan bahwa variabel konsumsi energi secara positif mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca terutama emisi CO₂. Penelitian ini juga didukung oleh penelitian lain yaitu Hanif dkk (2019) yang menyatakan bahwa konsumsi energi di negara berkembang di Asia berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO₂. Pada tiap kenaikan 1 persen konsumsi energi akan meningkatkan emisi CO₂ sebesar 0.29%.

4. Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Energi terhadap Emisi CO₂ di Indonesia tahun 1992-2020

Berdasarkan hasil dari uji signifikansi secara simultan (Uji F) dalam jangka pendek variabel pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan konsumsi energi mempunyai pengaruh secara simultan terhadap emisi CO₂. Hal ini dapat dilihat dari nilai F-hitung yang lebih besar dibandingkan dengan nilai F-tabel yaitu sebesar 5.939976 > 2,78.

Dalam jangka panjang variabel pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan konsumsi energi mempunyai pengaruh secara simultan terhadap emisi CO₂. Hal ini dapat dilihat dari nilai F-hitung yang lebih besar disbanding dengan nilai F-tabel yaitu sebesar $61.61964 > 2,78$. Pertumbuhan ekonomi salah satunya disebabkan karena adanya pertumbuhan penduduk. Dengan adanya pertumbuhan penduduk maka permintaan akan barang dan jasa akan meningkat, hal ini berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi di Indonesia masih ditopang oleh penggunaan energi yang tidak ramah lingkungan. Sehingga pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan konsumsi energi secara bersama-sama memiliki pengaruh terhadap emisi CO₂.

Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Hadi Sasana dan Jaka Aminata (2019) yang menyatakan bahwa variabel pertumbuhan ekonomi, total penggunaan energi primer, subsidi energi, penggunaan energi terbarukan, dan pertumbuhan penduduk secara simultan mempengaruhi emisi karbon dioksida (CO₂). Penelitian ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Ersalina Tang (2017) yang menyatakan bahwa pada 41 negara di dunia menunjukkan bahwa penanaman modal asing, produk domestik bruto, konsumsi energi, dan konsumsi daging berpengaruh signifikan terhadap kualitas lingkungan yang diukur dengan emisi CO₂.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Variabel Pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif dan tidak signifikan dalam jangka pendek dan jangka panjang terhadap Emisi CO₂ di Indonesia.
2. Variabel Pertumbuhan penduduk berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi CO₂ dalam jangka panjang. Sedangkan pada jangka pendek variabel Pertumbuhan Penduduk berpengaruh positif dan signifikan terhadap Emisi CO₂ di Indonesia.
3. Variabel Konsumsi Energi berpengaruh positif signifikan terhadap Emisi CO₂ pada jangka panjang dan jangka pendek.
4. Variabel Pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan konsumsi energi secara bersama-sama berpengaruh terhadap emisi CO₂ di Indonesia.

4.2 Saran

Saran yang disampaikan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Perlu adanya regulasi atau kebijakan pemerintah untuk peningkatan pertumbuhan ekonomi dengan menciptakan teknologi-teknologi yang ramah lingkungan. Salah satunya yaitu dengan mewajibkan perusahaan-perusahaan besar menggunakan teknologi yang ramah lingkungan.
2. Perlu adanya regulasi atau kebijakan dari pemerintah untuk mengatasi pertumbuhan penduduk agar dapat seimbang dengan pembangunan yang berkelanjutan. Salah satu cara yang dilakukan dengan menegaskan kembali program Keluarga Berencana (KB) dengan meningkatkan fasilitas kesehatan. Fasilitas kesehatan yang ditingkatkan akan mempermudah penyebaran informasi program KB kepada masyarakat.
3. Perlu adanya peran pemerintah dalam meningkatkan regulasi untuk pengembangan teknologi dan investasi teknologi. Seperti penggunaan mobil listrik dan hybrid, pemanfaatan biomass, dan penggunaan hidroelektrik (pembangkit listrik tenaga air).
4. Pemerintah perlu mengatasi masalah ketergantungan terhadap energi fosil salah satunya dengan cara mewajibkan semua gedung dan rumah menggunakan solar cell.

REFERENCES

- Apergis, Nicholas, James E. Payne, Kojo Menyah, and Yemane Wolde-Rufael. 2010. "On the Causal Dynamics between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy, and Economic Growth." *Ecological Economics* 69 (11): 2255–60.
- BAPPENAS, 2014. *Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca Sektor Berbasis Lahan*. Jakarta: BAPPENAS

- BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika). 2013. Buku Informasi Perubahan Iklim dan Kualitas Udara di Indonesia. Jakarta: BMKG
- Dong, Kangyin dkk. 2018. CO2 emissions, economics and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions. *Energy Economics*.
- Codal, Keziban Seckin, Izzet Ari, and Ahmet Codal. 2021. "Multidimensional Perspective for Performance Assessment on Climate Change Actions of G20 Countries." *Environmental Development* 39 (April): 100639. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100639>
- Maharani, N. (2019). Valuasi Ekonomi Objek Wisata Surya Yudha Park Di Kabupaten Banjarnegara : Pendekatan Travel Cost Method. *Skripsi Fakultas Ekonomi Dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*, 2(1), 1–19.
- Indraswari, Mustika Dyah. 2016. "Pertumbuhan Ekonomi , Konsumsi Permintaan Energi Di Indonesia."
- Labiba, Dina, dan Wisnu Pradito. 2018. Sebaran Emisi CO2 dan Implikasinya terhadap Penataan Ruang Area Industri di Kendal. *Jurnal Pembangunan Kota*. Vol. 6. No. 2
- Tang. 2017. "Pengaruh Penanaman Modal Asing, Pendapatan Domestik Bruto, Konsumsi Energi, Konsumsi Listrik, Dan Konsumsi Daging Terhadap Kualitas Lingkungan Pada 41 Negara Di Dunia Dan 17 Negara Di Asia Periode 1999-2013." *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya* 2 (2): 1–12.
- Oktavia, E. (2021). \
- Widarjono, A. (2018). *Ekonometrika : Pengantar dan Aplikasinya Disertai Panduan EViews*. UPP STIM YKPNTazkia, F. O., & Hayati, B. (2012). Analisis Permintaan Obyek Wisata Pemandian Air Panas Kalianget , Kabupaten Wonosobo Dengan. *Diponegoro Journal of Economics*, 1(1), 1–10.
- Yeh, Jong-Chao dan Chic-Hsiang Liao. 2017. Impact of Population and Economics Growth on Carbon Emissions in Taiwan using an analytic tool STIRPA. *Sustainable Environmental Research Journal*.