PENGARUH PERUBAHAN IKLIM TERHADAP PERTUMBUHAN EKONOMI DI NEGARA BERKEMBANG

[1]Jihan Faradilla, [2]Muthi Aidila Safitry, [3]Rizka Apriyana Agung, [4]Saskia Aulia Azzahra, [5]M. Hanif Abdillah, [6]Fitri Amalia

[1,2,3,4,5,6]UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
E-mail : jihan.faradilla24@mhs.uinjkt.ac.id[1], muthi.aidila24@mhs.uinjkt.ac.id[2], rizka.apriyana24@mhs.uinjkt.ac.id[3], saskia.auliaazzahra24@mhs.uinjkt.ac.id[4], hanifabdillah24@mhs.uinjkt.ac.id[5], fitri.amalia@uinjkt.ac.id[6]

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of climate change on economic growth in developing countries. The dependent variable in this study is GDP Growth, while the independent variables include CO_2 emissions, temperature, and rainfall. This study uses panel data from 10 developing countries during the 2014–2018 period, with a total of 50 observations. The analytical method used is panel data regression with the Common Effect Model, Fixed Effect Model, and Random Effect Model approaches. Based on the model selection results, the Random Effect Model was selected as the best model. The Random Effect Robust estimation results show that CO_2 has a positive and significant effect on GDP Growth, temperature has a negative but insignificant effect, while rainfall has a positive and significant effect on GDP Growth. Simultaneously, CO_2, temperature, and rainfall have a significant effect on GDP Growth. These findings indicate that economic growth in developing countries is still closely related to carbon emission-based economic activities and climate conditions, particularly rainfall.

Keywords : *Climate Change, GDP Growth, CO_2, Temperature, Rainfall, Panel Data*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan iklim terhadap pertumbuhan ekonomi di negara berkembang. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah GDP Growth, sedangkan variabel independen meliputi emisi CO_2, temperatur, dan curah hujan. Penelitian ini menggunakan data panel dari 10 negara berkembang selama periode 2014–2018 dengan total 50 observasi. Metode analisis yang digunakan adalah regresi data panel dengan pendekatan Common Effect Model, Fixed Effect Model, dan Random Effect Model. Berdasarkan hasil pemilihan model, Random Effect Model menjadi model terbaik. Hasil estimasi Random Effect Robust menunjukkan bahwa CO_2 berpengaruh positif dan signifikan terhadap GDP Growth, temperatur berpengaruh negatif tetapi tidak signifikan, sedangkan curah hujan berpengaruh positif dan signifikan terhadap GDP Growth. Secara simultan, CO_2, temperatur, dan curah hujan berpengaruh signifikan terhadap GDP Growth. Temuan ini menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi negara berkembang masih berkaitan erat dengan aktivitas ekonomi berbasis emisi karbon serta kondisi iklim, khususnya curah hujan.

Kata Kunci : *Perubahan Iklim, GDP Growth, CO_2, Temperatur, Curah Hujan, Data Panel*

PENDAHULUAN

Perubahan iklim telah menjadi salah satu isu global paling krusial karena menyebabkan perubahan jangka panjang pada pola suhu dan curah hujan serta menimbulkan berbagai dampak lingkungan dan sosial ekonomi. Di negara berkembang, permasalahan ini menjadi semakin penting karena negara-negara dengan tingkat pendapatan rendah dan menengah cenderung menanggung dampak yang lebih besar, meskipun kontribusinya terhadap emisi karbon global relatif kecil. Studi berbasis data panel lintas negara menunjukkan bahwa peningkatan suhu secara berkelanjutan dapat menurunkan pertumbuhan ekonomi dan Produk Domestik Bruto (PDB), serta menggeser struktur ekonomi dari investasi dan sektor industri menuju tekanan konsumsi jangka pendek (de Bandt et al., 2021). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemanasan global bukan hanya persoalan lingkungan, tetapi juga merupakan tantangan struktural bagi pembangunan ekonomi.

Dampak perubahan iklim menjadi semakin signifikan karena sebagian besar perekonomian negara berkembang masih bergantung pada sektor-sektor yang sensitif terhadap kondisi iklim, seperti pertanian, perikanan, dan pemanfaatan sumber daya alam. Perubahan suhu dan ketidakstabilan curah hujan berpotensi menurunkan produktivitas sektor-sektor tersebut, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan pendapatan masyarakat, meningkatnya kerawanan pangan, serta melemahnya ketahanan ekonomi nasional. Penelitian menunjukkan bahwa perubahan cuaca ekstrem dan gangguan hasil panen global dapat menghambat aktivitas ekonomi dan meningkatkan kerentanan negara berkembang terhadap tekanan ekonomi global (De Winne & Peersman, 2021). Dalam konteks ini, perubahan iklim tidak hanya menjadi ancaman ekologis, tetapi juga menjadi hambatan utama dalam proses pembangunan ekonomi di negara berkembang.

Dari perspektif ekonomi makro, variabel iklim memiliki keterkaitan erat dengan pertumbuhan ekonomi yang diproksikan melalui GDP Growth. Perubahan iklim dapat memengaruhi produktivitas tenaga kerja, hasil produksi pertanian, pola konsumsi masyarakat, hingga akumulasi modal dalam jangka panjang. Di sisi lain, pertumbuhan ekonomi yang tinggi sering kali diiringi dengan peningkatan aktivitas industri dan konsumsi energi berbasis fosil yang menghasilkan emisi karbon lebih besar. Kondisi ini menciptakan dilema antara upaya mencapai pertumbuhan ekonomi dan menjaga keberlanjutan lingkungan, sehingga hubungan antara aktivitas ekonomi dan perubahan iklim menjadi semakin kompleks dan saling memengaruhi (Tawiah et al., 2021).

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji hubungan antara perubahan iklim dan pertumbuhan ekonomi, masih terdapat celah penelitian yang perlu dikembangkan. Sebagian besar penelitian sebelumnya menggunakan pendekatan Autoregressive Distributed Lag (ARDL) atau panel ARDL serta cenderung hanya berfokus pada satu atau dua indikator iklim atau wilayah tertentu. Pendekatan tersebut dinilai belum sepenuhnya mampu menangkap variasi kondisi lintas negara berkembang secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji secara simultan pengaruh temperatur, curah hujan, dan emisi CO_2 terhadap pertumbuhan ekonomi yang diproksikan melalui GDP Growth menggunakan metode regresi data panel. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris yang lebih luas dalam memahami hubungan antara perubahan iklim dan pertumbuhan ekonomi di negara berkembang.

METODE

Model Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode regresi data panel untuk menganalisis pengaruh perubahan iklim terhadap pertumbuhan ekonomi di negara berkembang. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah pertumbuhan ekonomi yang diproksikan melalui GDP Growth, sedangkan variabel independen meliputi emisi karbon dioksida (CO_2), temperatur, dan curah hujan. Penggunaan GDP Growth dipilih karena indikator ini lebih tepat untuk menggambarkan laju pertumbuhan ekonomi suatu negara dari waktu ke waktu. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya melihat besarnya output ekonomi, tetapi juga menganalisis bagaimana perubahan variabel iklim berkaitan dengan perubahan tingkat pertumbuhan ekonomi di negara berkembang.

Model empiris yang digunakan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

$$GDPGrowth_{it} = \beta_0 + \beta_1 CO_{2it} + \beta_2 TEMP_{it} + \beta_3 RAIN_{it} + \varepsilon_{it}$$

Keterangan:

$GDPGrowth_{it}$ = pertumbuhan ekonomi negara i pada tahun t
CO_{2it} = emisi karbon dioksida negara i pada tahun t
$TEMP_{it}$ = temperatur rata-rata tahunan negara i pada tahun t
$RAIN_{it}$ = curah hujan rata-rata tahunan negara i pada tahun t
β_0 = konstanta
β_1, β_2, β_3 = koefisien regresi
ε_{it} = error term

Model ini digunakan untuk menguji pengaruh perubahan iklim terhadap pertumbuhan ekonomi secara simultan dalam kerangka data panel lintas negara berkembang.

Sumber dan Jenis Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berbentuk data panel yang merupakan kombinasi antara data time series dan cross section. Data diperoleh dari dua sumber utama, yaitu:

a. Data temperatur dan curah hujan diperoleh dari NASA melalui database NASA POWER, yang telah diolah dalam bentuk rata-rata tahunan per negara.
b. Data pertumbuhan ekonomi diperoleh dari World Bank melalui World Development Indicators (WDI) dengan indikator GDP Growth. Sementara itu, data emisi karbon dioksida menggunakan indikator Carbon dioxide (CO_2) emissions excluding LULUCF.

Objek penelitian mencakup 10 negara berkembang, yaitu Indonesia, Malaysia, Filipina, Thailand, India, Brasil, Meksiko, Argentina, Afghanistan, dan Afrika Selatan. Pemilihan 10 negara tersebut didasarkan pada ketersediaan data yang lengkap dan konsisten untuk seluruh variabel penelitian, yaitu emisi CO_2, temperatur, dan curah hujan. Banyak negara berkembang yang tidak memiliki data klimatologi maupun emisi karbon yang terdokumentasi secara penuh pada periode tersebut, sehingga sampel dibatasi hanya pada negara-negara yang memenuhi kelengkapan data dan periode pengamatan tahun 2014–2018. Data yang digunakan merupakan balanced panel, di mana seluruh variabel tersedia secara lengkap untuk setiap negara dan periode penelitian. Dengan jumlah 10 negara dan 5 tahun pengamatan, total observasi dalam penelitian ini adalah 50 observasi. Pemilihan periode 2014–2018 didasarkan pada ketersediaan data yang lengkap dan digunakan untuk melihat hubungan antara variabel iklim dan pertumbuhan ekonomi sebelum adanya gangguan besar seperti pandemi COVID-19.

Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan adalah regresi data panel. Dalam pendekatan ini, terdapat tiga model utama yang digunakan, yaitu Common Effect Model (CEM), Fixed Effect Model (FEM), dan Random Effect Model (REM).

Pemilihan model terbaik dilakukan melalui:

a. **Uji Chow**, untuk menentukan model CEM atau FEM

b. **Uji Hausman**, untuk menentukan model REM

Selain itu, dilakukan uji multikolinearitas untuk memastikan tidak terdapat hubungan linear yang kuat antarvariabel independen. Estimasi akhir menggunakan Random Effect Robust untuk mengantisipasi kemungkinan gangguan pada standar error, seperti heteroskedastisitas.

Hipotesis Penelitian

Berdasarkan latar belakang, tinjauan pustaka, serta landasan teori seperti Endogenous Growth Theory dan Environmental Kuznets Curve (EKC), maka hipotesis dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

Pengaruh CO_2 terhadap GDP Growth

- **$H0_1$:** CO_2 tidak berpengaruh terhadap GDP Growth di negara berkembang.
- **$H1_1$:** CO_2 berpengaruh terhadap GDP Growth di negara berkembang.

Pengaruh Temperatur terhadap GDP Growth

- **$H0_2$:** Temperatur tidak berpengaruh terhadap GDP Growth di negara berkembang.
- **$H1_2$:** Temperatur berpengaruh negatif terhadap GDP Growth di negara berkembang.

Pengaruh Curah Hujan terhadap GDP Growth

- **$H0_3$:** Curah hujan tidak berpengaruh terhadap GDP Growth di negara berkembang.
- **$H1_3$:** Curah hujan berpengaruh terhadap GDP Growth di negara berkembang.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Uji Chow Common Effect Model

```
. reg GDPGrowth CO2 Temperature Curahhujan
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	50
				F(3, 46)	=	13.93
Model	202.295543	3	67.4318478	Prob > F	=	0.0000
Residual	222.60343	46	4.839205	R-squared	=	0.4761
				Adj R-squared	=	0.4419
Total	424.898973	49	8.67140762	Root MSE	=	2.1998

GDPGrowth	Coefficient	Std. err.	t	P>|t|	[95% conf.	interval]
CO2	.0022734	.00055	4.13	0.000	.0011663	.0033805
Temperature	-.0394032	.0687806	-0.57	0.570	-.1778513	.0990449
Curahhujan	.5193607	.1215551	4.27	0.000	.274683	.7640384
_cons	.7046104	1.186293	0.59	0.555	-1.683274	3.092495

Setelah melakukan 3 pengujian dengan menggunakan Common Effect Model (CEM), Fiexed Effect Model (FEM), Random Effect Model (REM), model yang terpilih adalah Common Effect Model (CEM). Hal ini menunjukkan bahwa Fixed Effect Model (FEM) belum menjadi model yang paling tepat untuk digunakan dalam penelitian ini. Dengan demikian, pada tahap awal pemilihan model, karakteristik tetap antarnegara belum terbukti lebih

dominan dibandingkan model gabungan. Namun, untuk memastikan apakah terdapat efek random dalam data panel, penelitian ini tetap melanjutkan pengujian dengan Uji Lagrange Multiplier (LM).

Uji Hausman Random Effect Model

```
. xtreg GDPGrowth CO2 Temperature Curahhujan, re

Random-effects GLS regression                   Number of obs     =        50
Group variable: country_id                      Number of groups  =        10

R-squared:                                      Obs per group:
     Within  = 0.0353                                         min =         5
     Between = 0.5680                                         avg =       5.0
     Overall = 0.4740                                         max =         5

                                                Wald chi2(3)      =      9.04
corr(u_i, X) = 0 (assumed)                      Prob > chi2       =    0.0287
```

GDPGrowth	Coefficient	Std. err.	z	P>|z|	[95% conf.	interval]
CO2	.002071	.0011838	1.75	0.080	-.0002493	.0043913
Temperature	-.0603587	.1336455	-0.45	0.652	-.3222991	.2015817
Curahhujan	.4994673	.2024701	2.47	0.014	.1026331	.8963014
_cons	1.350056	2.556232	0.53	0.597	-3.660066	6.360178
sigma_u	2.1611304					
sigma_e	1.333535					
rho	.72424087	(fraction of variance due to u_i)				

Hasil Uji Hausman menunjukkan bahwa Random Effect Model (REM) lebih tepat digunakan dibandingkan Fixed Effect Model (FEM). Hal ini mengindikasikan bahwa efek individual antarnegara dalam sampel tidak berkorelasi secara sistematis dengan variabel independen. Oleh karena itu, penggunaan REM dinilai lebih efisien dalam menjelaskan hubungan antara emisi CO_2, temperatur, curah hujan, dan GDP Growth pada negara berkembang.

Uji LM

Uji Lagrange Multiplier (LM) Breusch-Pagan dilakukan untuk mengkonfirmasi pilihan antara Common Effect Model dan Random Effect Model, sekaligus memverifikasi keberadaan efek individual dalam data panel.

```
Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

        GDPGrowth[country_id,t] = Xb + u[country_id] + e[country_id,t]

        Estimated results:
                         |       Var     SD = sqrt(Var)
                ---------+------------------------------
                GDPGrowth|   8.671408       2.944725
                       e|   1.778316       1.333535
                       u|   4.670485        2.16113

        Test: Var(u) = 0
                                  chibar2(01) =    35.62
                              Prob > chibar2 =   0.0000
```

Hasil Uji Lagrange Multiplier (LM) Breusch-Pagan menunjukkan nilai Prob > chibar2 sebesar 0,0000, lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05. Dengan demikian, H0 yang menyatakan bahwa tidak terdapat efek random ditolak. Artinya, terdapat efek individual acak antarnegara dalam data panel, sehingga Random Effect Model (REM) lebih tepat digunakan dibandingkan Common Effect Model (CEM). Berdasarkan hasil Uji Hausman dan Uji LM, maka model terbaik dalam penelitian ini adalah Random Effect Model (REM).

Uji Asumsi Klasik

Uji multikolineritas

Uji multikolinearitas bertujuan untuk mendeteksi ada tidaknya hubungan linear yang kuat di antara variabel-variabel independen dalam model regresi. Hasil uji multikolinearitas disajikan melalui nilai Variance Inflation Factor (VIF) pada masing-masing variabel independen.

```
. vif

    Variable |       VIF       1/VIF
-------------+----------------------
 Temperature |      1.93    0.518727
  Curahhujan |      1.76    0.569317
         CO2 |      1.28    0.783681
-------------+----------------------
    Mean VIF |      1.65
```

Berdasarkan hasil uji multikolinearitas, seluruh variabel independen memiliki nilai VIF di bawah 10, dengan nilai Mean VIF sebesar 1,65. Nilai VIF tertinggi terdapat pada variabel temperatur sebesar 1,93, diikuti curah hujan sebesar 1,76, dan CO_2 sebesar 1,28. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat masalah multikolinearitas dalam model. Dengan demikian, variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikatakan layak untuk dianalisis secara bersama-sama dalam model regresi.

Interpretasi Hasil Uji Random Effect Robust

```
. xtreg GDPGrowth CO2 Temperature Curahhujan, re robust

Random-effects GLS regression                   Number of obs     =         50
Group variable: country_id                      Number of groups  =         10

R-squared:                                      Obs per group:
     Within  = 0.0353                                         min =          5
     Between = 0.5680                                         avg =        5.0
     Overall = 0.4740                                         max =          5

                                                Wald chi2(3)      =      22.97
corr(u_i, X) = 0 (assumed)                      Prob > chi2       =     0.0000

                                (Std. err. adjusted for 10 clusters in country_id)
------------------------------------------------------------------------------
             |               Robust
  GDPGrowth  |      Coef.   Std. err.      z    P>|z|     [95% conf. interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         CO2 |    .002071   .0008205     2.52   0.012     .0004629    .003679
 Temperature |   -.0603587   .1522529    -0.40   0.692    -.3587689    .2380516
  Curahhujan |    .4994673   .1819873     2.74   0.006     .1427788    .8561557
       _cons |    1.350056   2.239374     0.60   0.547    -3.039037    5.739149
-------------+----------------------------------------------------------------
     sigma_u |  2.1611304
     sigma_e |   1.333535
         rho |   .72424087   (fraction of variance due to u_i)
------------------------------------------------------------------------------
```

Berdasarkan hasil estimasi Random Effect Robust, jumlah observasi dalam penelitian ini adalah 50 observasi yang terdiri dari 10 negara dengan masing-masing negara memiliki 5 periode pengamatan. Nilai Wald chi2(3) sebesar 22,97 dengan nilai Prob > chi2 sebesar 0,0000. Karena nilai probabilitas lebih kecil dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa variabel CO_2, temperatur, dan curah hujan secara simultan berpengaruh signifikan terhadap GDP Growth. Nilai overall R-squared sebesar 0,4740 menunjukkan bahwa variasi GDP Growth dapat dijelaskan oleh variabel CO_2, temperatur, dan curah hujan sebesar 47,40%, sedangkan sisanya dijelaskan oleh variabel lain di luar model penelitian ini.

Pengaruh CO_2 terhadap GDP Growth

Variabel CO_2 memiliki nilai koefisien sebesar 0,002071 dengan nilai probabilitas 0,012. Karena nilai probabilitas 0,012 < 0,05, maka CO_2 berpengaruh positif dan signifikan terhadap GDP Growth.

Artinya, peningkatan CO_2 sebesar satu satuan akan meningkatkan GDP Growth sebesar 0,002071 satuan, dengan asumsi variabel lain tetap. Hasil ini menunjukkan bahwa dalam konteks negara berkembang, peningkatan emisi CO_2 masih berkaitan dengan peningkatan aktivitas ekonomi. Hal ini dapat terjadi karena kegiatan ekonomi di negara berkembang masih banyak bergantung pada aktivitas industri, transportasi, produksi, dan penggunaan energi fosil yang menghasilkan emisi karbon.

Dengan demikian, hipotesis nol yang menyatakan bahwa CO_2 tidak berpengaruh terhadap GDP Growth ditolak. Namun, arah pengaruh yang positif menunjukkan bahwa peningkatan emisi CO_2 dalam penelitian ini lebih mencerminkan meningkatnya aktivitas ekonomi, bukan berarti emisi CO_2 berdampak baik terhadap lingkungan.

Pengaruh Temperatur terhadap GDP Growth

Variabel temperatur memiliki nilai koefisien sebesar -0,0603587 dengan nilai probabilitas 0,692. Karena nilai probabilitas 0,692 > 0,05, maka temperatur tidak berpengaruh signifikan terhadap GDP Growth.

Arah koefisien yang negatif menunjukkan bahwa kenaikan temperatur cenderung menurunkan GDP Growth. Namun, karena hasilnya tidak signifikan secara statistik, maka pengaruh tersebut belum cukup kuat untuk membuktikan bahwa perubahan temperatur benar-benar memengaruhi pertumbuhan ekonomi dalam periode penelitian ini.

Dengan demikian, hipotesis nol yang menyatakan bahwa temperatur tidak berpengaruh terhadap GDP Growth **gagal ditolak**. Artinya, dalam penelitian ini temperatur belum terbukti berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi negara berkembang.

Pengaruh Curah Hujan terhadap GDP Growth

Variabel curah hujan memiliki nilai koefisien sebesar 0,4994673 dengan nilai probabilitas 0,006. Karena nilai probabilitas 0,006 < 0,05, maka curah hujan berpengaruh positif dan signifikan terhadap GDP Growth.

Artinya, peningkatan curah hujan sebesar satu satuan akan meningkatkan GDP Growth sebesar 0,4994673 satuan, dengan asumsi variabel lain tetap. Hasil ini menunjukkan bahwa curah hujan dapat mendukung aktivitas ekonomi, terutama pada negara berkembang yang masih bergantung pada sektor pertanian, sumber daya alam, dan aktivitas ekonomi berbasis iklim.

Dengan demikian, hipotesis nol yang menyatakan bahwa curah hujan tidak berpengaruh terhadap GDP Growth ditolak. Hasil ini menunjukkan bahwa curah hujan menjadi salah satu variabel iklim yang memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dalam penelitian ini.

Kesimpulan Uji Random Effect Robust

Berdasarkan hasil Uji Random Effect Robust, dapat disimpulkan bahwa secara parsial CO_2 berpengaruh positif dan signifikan terhadap GDP Growth, temperatur berpengaruh negatif tetapi tidak signifikan terhadap GDP Growth, dan curah hujan berpengaruh positif dan signifikan terhadap GDP Growth. Secara simultan, ketiga variabel independen tersebut berpengaruh signifikan terhadap GDP Growth negara berkembang.

Interpretasi Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik data yang digunakan dalam penelitian sebelum dilakukan analisis regresi. Berdasarkan hasil statistik deskriptif, penelitian ini menggunakan 50 observasi dengan periode penelitian tahun 2014 sampai 2018. Variabel utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah GDP Growth, CO_2, temperatur, dan curah hujan.

```
. summarize
```

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
Country	0				
Year	50	2016	1.428571	2014	2018
GDPGrowth	50	3.193727	2.944725	-3.545763	8.256306
CO2	50	521.016	645.4339	7.6117	2556.719
Temperature	50	21.8116	6.343863	6.67	27.74
Curahhujan	50	4.1668	3.426406	.12	11.95
country_id	50	5.5	2.901442	1	10
_est_fe	50	1	0	1	1
_est_re	50	1	0	1	1

GDP Growth

Variabel GDP Growth memiliki jumlah observasi sebanyak 50, dengan nilai rata-rata sebesar 3,193727 dan standar deviasi sebesar 2,944725. Nilai minimum GDP Growth adalah -3,545763, sedangkan nilai maksimumnya sebesar 8,256306.

Hasil ini menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi negara berkembang dalam sampel penelitian cukup bervariasi. Nilai minimum yang negatif menunjukkan bahwa terdapat negara yang mengalami kontraksi atau penurunan pertumbuhan ekonomi pada periode tertentu. Sementara itu, nilai maksimum sebesar 8,256306 menunjukkan bahwa terdapat negara yang mengalami pertumbuhan ekonomi cukup tinggi.

CO_2

Variabel CO_2 memiliki jumlah observasi sebanyak 50, dengan nilai rata-rata sebesar 521,016 dan standar deviasi sebesar 645,4339. Nilai minimum CO_2 adalah 7,6117, sedangkan nilai maksimum sebesar 2556,719.

Standar deviasi CO_2 yang cukup besar menunjukkan adanya perbedaan tingkat emisi karbon yang tinggi antarnegara dalam sampel penelitian. Perbedaan ini dapat terjadi karena setiap negara memiliki tingkat aktivitas industri, jumlah penduduk, penggunaan energi fosil, dan skala ekonomi yang berbeda-beda.

Temperatur

Variabel temperatur memiliki jumlah observasi sebanyak 50, dengan nilai rata-rata sebesar 21,8116 dan standar deviasi sebesar 6,343863. Nilai minimum temperatur adalah 6,67, sedangkan nilai maksimum sebesar 27,74.

Hasil ini menunjukkan bahwa negara-negara berkembang dalam sampel memiliki kondisi suhu yang cukup beragam. Perbedaan temperatur ini dapat disebabkan oleh perbedaan letak geografis, kondisi iklim, serta karakteristik lingkungan masing-masing negara.

Curah Hujan

Variabel curah hujan memiliki jumlah observasi sebanyak 50, dengan nilai rata-rata sebesar 4,1668 dan standar deviasi sebesar 3,426406. Nilai minimum curah hujan adalah 0,12, sedangkan nilai maksimumnya sebesar 11,95.

Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat variasi curah hujan yang cukup besar antarnegara dan antarperiode penelitian. Variasi curah hujan penting untuk dianalisis karena kondisi curah hujan dapat memengaruhi aktivitas ekonomi, khususnya pada sektor pertanian, sumber daya alam, dan sektor lain yang bergantung pada kondisi iklim.

Kesimpulan Statistik Deskriptif

Berdasarkan hasil statistik deskriptif, dapat disimpulkan bahwa seluruh variabel penelitian memiliki variasi data yang cukup baik untuk dianalisis menggunakan regresi data panel. Variasi tersebut terlihat dari perbedaan nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi pada masing-masing variabel. Namun, statistik deskriptif hanya menjelaskan karakteristik umum data dan tidak digunakan untuk menentukan apakah suatu variabel signifikan atau tidak signifikan. Pengujian signifikansi dilakukan melalui hasil regresi Random Effect Robust.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, jumlah sampel hanya mencakup 10 negara berkembang dengan periode pengamatan 2014–2018, sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasi secara luas untuk seluruh negara berkembang. Kedua, penelitian ini hanya menggunakan tiga variabel independen, yaitu CO_2, temperatur, dan curah hujan, sehingga belum memasukkan faktor makroekonomi lain seperti investasi, konsumsi energi, jumlah penduduk, kualitas kelembagaan, dan perdagangan internasional. Ketiga, variabel CO_2 yang digunakan masih berupa total emisi sehingga belum sepenuhnya mencerminkan tingkat emisi relatif terhadap jumlah penduduk atau ukuran ekonomi suatu negara. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan periode yang lebih panjang, jumlah negara yang lebih luas, serta menambahkan variabel kontrol agar hasil estimasi menjadi lebih kuat.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan iklim terhadap pertumbuhan ekonomi di negara berkembang. Pertumbuhan ekonomi dalam penelitian ini diproksikan melalui GDP Growth, sedangkan variabel perubahan iklim yang digunakan meliputi emisi CO_2, temperatur, dan curah hujan. Penelitian ini menggunakan data panel yang terdiri dari 10 negara berkembang selama periode 2014–2018, sehingga total observasi yang digunakan sebanyak 50 observasi.

Berdasarkan hasil pemilihan model, Random Effect Model (REM) menjadi model terbaik dalam penelitian ini. Hal ini didukung oleh hasil Uji Hausman yang menunjukkan bahwa REM lebih tepat dibandingkan Fixed Effect Model (FEM), serta hasil Uji Lagrange Multiplier (LM) yang menunjukkan bahwa REM lebih tepat dibandingkan Common Effect Model (CEM). Selain

itu, hasil uji multikolinearitas menunjukkan bahwa seluruh variabel independen memiliki nilai VIF di bawah 10, sehingga tidak terdapat masalah multikolinearitas dalam model.

Hasil estimasi Random Effect Robust menunjukkan bahwa secara simultan variabel CO_2, temperatur, dan curah hujan berpengaruh signifikan terhadap GDP Growth negara berkembang. Secara parsial, variabel CO_2 berpengaruh positif dan signifikan terhadap GDP Growth. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan emisi CO_2 masih berkaitan dengan peningkatan aktivitas ekonomi di negara berkembang, terutama karena proses pembangunan masih banyak bergantung pada sektor industri, transportasi, produksi, dan penggunaan energi fosil. Namun, hubungan positif tersebut tidak dapat diartikan bahwa emisi CO_2 berdampak baik terhadap lingkungan, melainkan menunjukkan adanya keterkaitan antara aktivitas ekonomi dan emisi karbon.

Variabel temperatur memiliki arah hubungan negatif terhadap GDP Growth, tetapi tidak signifikan secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa dalam periode penelitian, peningkatan temperatur belum terbukti memberikan pengaruh yang kuat terhadap pertumbuhan ekonomi negara berkembang. Sementara itu, variabel curah hujan berpengaruh positif dan signifikan terhadap GDP Growth. Temuan ini mengindikasikan bahwa curah hujan dapat mendukung aktivitas ekonomi, khususnya pada negara berkembang yang masih bergantung pada sektor pertanian, sumber daya alam, dan aktivitas ekonomi berbasis iklim.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan iklim memiliki hubungan dengan pertumbuhan ekonomi di negara berkembang, meskipun pengaruh setiap variabel tidak selalu sama. CO_2 dan curah hujan terbukti berpengaruh signifikan terhadap GDP Growth, sedangkan temperatur belum menunjukkan pengaruh signifikan. Oleh karena itu, negara berkembang perlu mendorong pertumbuhan ekonomi yang lebih berkelanjutan melalui pengurangan ketergantungan terhadap energi fosil, peningkatan efisiensi energi, serta penguatan strategi adaptasi iklim pada sektor-sektor yang rentan terhadap perubahan cuaca dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Adebayo, G. (2024). *The impact of climate change on the economies of developing countries. Internasional Journal of Science and Research Archive*, 13(2), 3223–3236. https://doi.org/10.30574/ijsra.2024.13.2.2108

Arista, T., & Amar, S. (2019). Analisis kausalitas emisi CO_2, konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi, dan modal manusia di ASEAN. *Jurnal Kajian Ekonomi dan Pembangunan, 1*(2), 519–532. https://doi.org/10.24036/jkep.v1i2.6262

Barrios, S., Bertinelli, L., & Strobl, E. (2010). Trends in curah hujan and economic growth in Africa:
A neglected cause of the African growth tragedy. *The Review of Economics and Statistics , 92*(2), 350–366. https://doi.org/10.1162/rest.2010.11212

Burke, M., Hsiang, S. M., & Miguel, E. (2015). Global non-linear effect of temperatur on economic production. *Nature, 527*, 235–239. https://doi.org/10.1038/nature15725

Carleton, T. A., & Hsiang, S. M. (2016). Social and economic impacts of climate. *Science, 353*(6304), aad9837. https://doi.org/10.1126/science.aad9837

Damania, R., Desbureaux, S., & Zaveri, E. (2020). Does curah hujan matter for economic growth? Evidence from global sub-national data (1990–

2014). *Journal of Environmental Economics and Management, 102*, 102335. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102335

de Bandt, O., Jacolin, L., & Lemaire, T. (2021). *Climate change in developing countries: Global warming effects, transmission channels and adaptation policies* (Working Paper No. 822). Banque de France.

De Winne, J., & Peersman, G. (2021). The adverse consequences of global harvest and weather disruptions on economic activity . *Nature Climate Change*, *11*(8), 665–672. https://doi.org/10.1038/s41558-021-01102-w

Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2012). Temperatur shocks and economic growth: Evidence from the last half century. *A merican Economic Journal: Macroeconomics, 4*(3), 66–95. https://doi.org/10.1257/mac.4.3.66

Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2014). What do we learn from the weather? The new climate-economy literature. *Journal of Economic Literature, 52*(3), 740–798. https://doi.org/10.1257/jel.52.3.740

Feriansyah, F., Nugroho, H., Larre, A. A., Septiavin, Q., & Nisa, C. K. (2022). Economic growth and CO_2 emission in ASEAN: Panel-ARDL approach. *Economics and Finance in Indonesia, 68*(2), 102–113. https://doi.org/10.47291/efi.2022.04

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics, 110*(2), 353–377. https://doi.org/10.2307/2118443

Lean, H. H., & Smyth, R. (2010). CO_2 emissions, electricity consumption and output in ASEAN. *Applied Energy*, *87*(6), 1858–1864. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.02.003

Pao, H.-T., & Tsai, C.-M. (2010). CO_2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. *Energy Policy*, *38*(12), 7850–7860. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.045

Priyanto, M. W., Toiba, H., & Hartono, R. (2021). Strategi adaptasi perubahan iklim: Faktor yang mempengaruhi dan manfaat penerapannya. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis, 5*(4), 1169–1178. https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2021.005.04.26

Rafly, M., et al. (2023). Analisis pengaruh globalisasi dan perubahan iklim terhadap perekonomian Indonesia yang berkelanjutan. *Publiciana, 16*(1), 25–32. https://doi.org/10.36563/publiciana.v16i1.666

Rahmayani, D. (2021). Analisis kausalitas pariwisata, konsumsi energi fosil, pertumbuhan ekonomi, dan emisi CO_2 di Indonesia. *Jurnal Dinamika Ekonomi Pembangunan, 4*(2), 124–139. https://doi.org/10.14710/jdep.4.2.124-139

Raihannur, & Nadhira. (2025). Dampak perubahan iklim terhadap ketahanan pangan dan pertumbuhan ekonomi di negara berkembang: Pendekatan interdisipliner. Multidisciplinary Approaches to Research in Economics, 1(1).

Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy, 98*(5), S71–S102. https://doi.org/10.1086/261725

Sandalli, A. (2021). The macroeconomic implications of climate change on Sub-Saharan Africa: A case for sustainable development. *Review of Business and Economics Studies, 9*(1), 8–36.

Suwarman, R., et al. (2022). Kajian perubahan iklim di pesisir Jakarta berdasarkan data curah hujan dan temperatur. *Buletin Oseanografi Marina, 11*(1). https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.42749

Tampubolon, K., & Sihombing, D. (2017). Pengaruh curah hujan dan hari hujan terhadap produksi pertanian serta hubungannya dengan PDRB di Kota Medan. *Jurnal Agroteknologi*. https://doi.org/10.32734/jagrotek.v8i2.2296

Tawiah, V., Zakari, A., & Adedoyin, F. F. (2021). Determinants of green growth in developed and developing countries. *Environmental Science and Pollution Research, 28*, 39227–39242. https://doi.org/10.1007/s11356-021-13429-0

Tol, R. S. J. (2009). The economic effects of climate change. *Journal of Economic Perspectives, 23*(2), 29–51. https://doi.org/10.1257/jep.23.2.29