

BAB III

OBJEK DAN METODE PENELITIAN

3.1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah faktor-faktor yang memengaruhi emisi CO₂ di Indonesia, yaitu PDB, konsumsi energi fosil, luas kawasan hutan, dan urbanisasi selama periode 1990–2023. Emisi CO₂ menjadi variabel dependen (Y), sedangkan keempat variabel tersebut merupakan variabel independen (X) yang secara teoretis dan empiris berpotensi memengaruhi tingkat emisi nasional.

3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis deskriptif dan metode VECM yang diolah menggunakan EViews 12. Analisis dilakukan untuk menguji pengaruh pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi fosil, luas kawasan hutan, dan urbanisasi terhadap emisi CO₂.

3.2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Pendekatan ini digunakan untuk menjelaskan hubungan kausal antara variabel independen terhadap variabel dependen. Penelitian ini bersifat time series, karena menggunakan data tahunan periode 1990-2023.

3.2.2. Operasionalisasi Variabel

Operasionalisasi variabel adalah proses menguraikan setiap variabel penelitian menjadi indikator-indikator yang dapat diukur secara jelas dan

sistematis. Melalui operasionalisasi, peneliti menentukan definisi operasional, indikator, serta cara pengukuran dari setiap variabel, sehingga proses pengumpulan data dapat dilakukan secara objektif, terarah, dan dapat dipertanggungjawabkan.

Operasionalisasi variabel dituliskan dalam tabel operasionalitas berikut:

Table 3.1 Operasional Variabel

Variabel (1)	Definisi (3)	Satuan (4)	Simbol (5)	Skala (6)
Emisi Karbon dioksida (CO ₂) (Y)	Jumlah total emisi CO ₂ yang dihasilkan dari kegiatan ekonomi di Indonesia tahun 1990-2023.	Juta Ton	EMISI	Rasio
Pertumbuhan Ekonomi (X1)	Persentase pertumbuhan nilai tambah bruto seluruh unit produksi domestik di Indonesia tahun 1990-2023	Persen (%)	PE	Rasio
Konsumsi Energi Fosil (X2)	Jumlah konsumsi energi yang bersumber dari bahan bakar fosil di Indonesia tahun 1990-2023	Terawatt-hours (TWh)	KEF	Rasio
Luas Kawasan Hutan (X3)	Persentase luas lahan berhutan terhadap luas total daratan di Indonesia tahun 1990-2023	Persen (%)	LKH	Rasio
Urbanisasi (X4)	Persentase pertumbuhan penduduk yang tinggal di daerah perkotaan terhadap total populasi di Indonesia tahun 1990-2023.	Persen (%)	URB	Rasio

3.2.3. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara dokumentasi, yaitu mengunduh dan mencatat data numerik yang sesuai dengan variabel penelitian.

3.2.3.1. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data runtut waktu berupa data pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi fosil, luas kawasan hutan, urbanisasi, dan emisi CO₂ yang diperoleh dari World Bank dan Our World in Data periode 1990-2023.

3.2.3.2. Prosedur Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini, peneliti melakukan beberapa cara sebagai berikut:

1. Studi kepustakaan dilakukan dengan menelaah jurnal ilmiah dan penelitian terdahulu terkait variabel penelitian untuk membangun landasan teori, menyusun kerangka pemikiran, dan memastikan dasar konseptual yang relevan.
2. Penelitian dokumenter dilakukan dengan menelaah laporan dan data resmi yang relevan untuk memperoleh data sekunder yang akurat serta mendukung analisis pengaruh antar variabel.

3.2.4. Model Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Vector Autoregression* (VAR) dan *Vector Error Correction Model* (VECM). Model VAR merupakan salah satu bentuk persamaan simultan yang umum digunakan untuk menganalisis hubungan dinamis antar variabel. Model ini hanya dapat diterapkan apabila seluruh variabel yang digunakan telah bersifat stasioner. Namun apabila terdapat variabel yang tidak stasioner, maka pendekatan yang digunakan beralih pada VECM, dengan syarat

terdapat hubungan kointegrasi antar variabel dalam jangka panjang (Gujarati & Porter, 2009).

Selanjutnya, Juanda & Junaidi (2012) mengungkapkan bahwa VECM merupakan bentuk VAR yang diberikan restriksi karena data bersifat tidak stasioner namun saling terintegrasi. VECM dirancang untuk menangkap hubungan jangka panjang antar variabel melalui kointegrasi, sekaligus tetap mampu menggambarkan dinamika hubungan jangka pendeknya.

Adapun model VAR/VECM yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$Y_t = f(X_{1t}, X_{2t}, X_{3t}, X_{4t})$$

Di mana:

Y_t = Emisi CO₂

X_{1t} = Pertumbuhan Ekonomi

X_{2t} = Konsumsi Energi Fosil

X_{3t} = Luas Kawasan Hutan

X_{4t} = Urbanisasi

3.2.5. Teknik Analisis Data

Analisis data adalah langkah yang dilakukan setelah pengumpulan dan interpretasi data, sehingga informasi tersebut menjadi lebih mudah dipahami (Sugiyono, 2019). Metode analisis data yang diterapkan dalam penelitian ini adalah VECM menggunakan aplikasi pengolah data Eviews 12.

1. Uji Stasioner (*Unit Root Test*)

Tahap pertama adalah menguji apakah data runtun waktu bersifat stasioner menggunakan uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) pada taraf nyata 5%. Data dikatakan stasioner jika nilai mean, varians, dan kovariansnya konstan dari waktu ke waktu. Jika data tidak stasioner pada level, maka dilakukan proses diferensiasi, umumnya pada tingkat *first difference*, hingga data menjadi stasioner. (A. T. Basuki, 2018). Keputusan diambil berdasarkan nilai probabilitas atau nilai t-statistik ADF. Data dinyatakan stasioner apabila nilai t-statistik lebih kecil dari nilai kritis MacKinnon atau probabilitas $< 0,05$ (5%).

2. Penentuan *Lag* Optimum

Tahap selanjutnya adalah menentukan panjang *lag* optimal dalam model untuk menangkap dinamika hubungan antar variabel dan menghindari autokorelasi pada sistem VAR. Penentuan *lag* dilakukan menggunakan kriteria informasi seperti *Akaike Information Criterion* (AIC), *Schwarz Criterion* (SC), dan *Hannan-Quinn* (HQ), dengan *lag* terbaik dipilih berdasarkan nilai AIC dan SC terkecil. (A. T. Basuki, 2018).

3. Uji Stabilitas Model

Pengujian stabilitas VAR dilakukan dengan menghitung akar unit fungsi polinomial. Model VAR dinyatakan stabil jika seluruh akar memiliki nilai absolut < 1 . Jika model tidak stabil, maka analisis *Impulse Response Function* dan *Variance Decomposition* menjadi tidak valid (A. T. Basuki, 2018).

4. Uji Kointegrasi Johansen

Model VECM mensyaratkan adanya hubungan jangka panjang (kointegrasi) antar variabel. Hubungan jangka pendek menggambarkan dinamika variabel dalam periode singkat, sedangkan hubungan jangka panjang menunjukkan keterkaitan dalam jangka waktu lebih lama. Pengujian kointegrasi dilakukan menggunakan *Johansen Cointegration Test* untuk mengetahui jumlah hubungan jangka panjang antar variabel (A. T. Basuki, 2018). Keputusan diambil berdasarkan nilai t-statistik lebih besar dari *critical value* atau nilai probabilitas lebih kecil dari taraf signifikansi 5%, maka model dinyatakan terkointegrasi.

5. Uji Kausalitas Granger

Uji kausalitas digunakan untuk mengetahui apakah suatu variabel memengaruhi variabel lain, baik satu arah, dua arah, maupun tidak saling memengaruhi. Suatu variabel dikatakan menyebabkan variabel lain jika nilai masa lalunya dapat menjelaskan perubahan variabel lain saat ini. Pengujian ini umumnya menggunakan metode *Granger Causality* atau *Error Correction Model Causality* (A. Basuki & Prawoto, 2016). Keputusan diambil berdasarkan nilai probabilitas lebih kecil dari taraf signifikansi 5%, maka dinyatakan terdapat hubungan kausalitas antar variabel.

6. Model VAR/VECM

Model VAR merupakan persamaan simultan yang digunakan untuk menganalisis hubungan dinamis antar variabel dan hanya dapat diterapkan jika seluruh variabel bersifat stasioner. Jika terdapat variabel yang tidak stasioner, maka

digunakan model VECM dengan syarat terdapat hubungan kointegrasi jangka panjang antar variabel. (Gujarati & Porter, 2009)

Selanjutnya, Juanda & Junaidi (2012) mengungkapkan bahwa VECM merupakan pengembangan VAR yang digunakan ketika data tidak stasioner tetapi saling terkointegrasi. Model ini mampu menangkap hubungan jangka panjang melalui kointegrasi sekaligus menggambarkan dinamika jangka pendek. VECM diterapkan jika data time series tidak stasioner pada level, namun stasioner pada diferensiasi dan memiliki hubungan teoritis antar variabel. Setelah kointegrasi teridentifikasi, pengujian dilanjutkan dengan metode *error correction* (A. T. Basuki, 2018).

VECM merupakan metode ekonometrika yang digunakan untuk melihat dinamika jangka pendek suatu variabel yang memiliki keseimbangan hubungan jangka panjang. Sementara itu, Insukindro (1992) menegaskan VECM tepat digunakan untuk data runtun waktu yang tidak stasioner namun saling berkointegrasi, sehingga dapat menghindari regresi lancung. Dalam jangka panjang, VECM menggunakan persamaan regresi antara variabel yang tidak stasioner pada level, di mana residual menjadi indikator adanya kointegrasi. Jika residual stasioner, maka variabel dinyatakan berkointegrasi dan mencerminkan keseimbangan jangka panjang. Pada jangka pendek, residual tersebut digunakan sebagai *error correction term* (ECT) sebagai mekanisme penyesuaian, sedangkan seluruh variabel telah distasionerkan melalui proses diferensiasi.

7. *Impulse Response Function (IRF)*

Analisis Impulse Response Function (IRF) dalam model VECM digunakan untuk melihat respons dinamis suatu variabel endogen terhadap guncangan (*shock*) dari variabel lain. IRF menggambarkan arah dan besaran respons dari waktu ke waktu serta durasi penyesuaian sistem hingga kembali ke keseimbangan. Secara teknis, perhitungan IRF mengasumsikan guncangan antar variabel tidak berkorelasi (orthogonal) dan umumnya menggunakan metode Dekomposisi Cholesky (Febrianti et al., 2021).

8. *Variance Decomposition (VD)*

Variance Decomposition (VD) adalah perangkat analisis pada model VECM yang berfungsi untuk memisahkan dan mengukur varian kesalahan peramalan (*forecast error variance*) dari suatu variabel endogen menjadi kontribusi individual dari guncangan (*shock* atau inovasi) setiap variabel dalam sistem. Informasi yang disampaikan dalam VD adalah proporsi pergerakan secara berurutan yang diakibatkan oleh guncangan sendiri dan variabel lain (A. T. Basuki, 2018). Secara konseptual, VD bertujuan untuk mengetahui proporsi fluktuasi suatu variabel yang dijelaskan oleh guncangan dari variabel itu sendiri maupun variabel lain, serta mengidentifikasi variabel yang paling dominan memengaruhi perubahan fluktuasi.