

POLUSI DAN PERTUMBUHAN EKONOMI: SEBUAH ANALISIS *IMPULSE RESPONSE FUNCTION*

ANUGERAH KARTA MONIKA¹

¹Sekolah Tinggi Ilmu Statistik, ak.monika@stis.ac.id

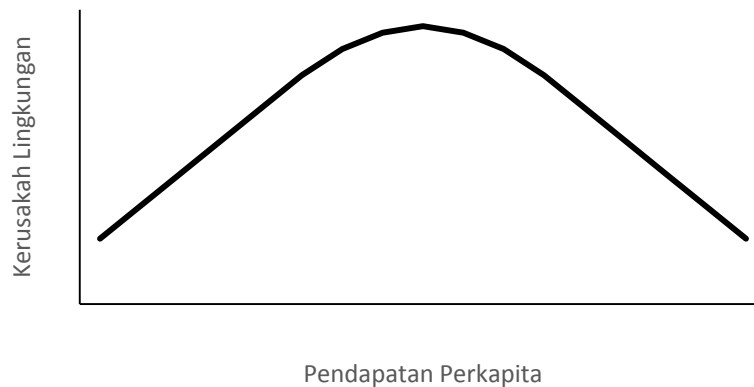
Abstrak. Hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) menyatakan bahwa seiring dengan kenaikan pendapatan suatu negara, emisi yang timbul juga mengalami peningkatan sampai pada level ambang batas tertentu, kemudian emisi mengalami penurunan. Di sisi lain antara pendapatan dan emisi juga menunjukkan adanya hubungan kausalitas dimana masing-masing variabel saling mempengaruhi. Penelitian ini merupakan pengembangan dari hipotesis EKC dengan menjelaskan bagaimana hubungan kausalitas antara pendapatan ekonomi dan emisi CO₂ di Indonesia menggunakan *vector error correction*. Hubungan ini akan menunjukkan bagaimana respon dari pendapatan ekonomi dan emisi CO₂ bila terjadi *shock* pada salah satu variabel. Hasilnya kenaikan pertumbuhan ekonomi direspon positif oleh kenaikan emisi CO₂ dan stabil pada tahun kelima. Sedangkan kenaikan pertumbuhan emisi CO₂ direspon negatif oleh kenaikan pertumbuhan ekonomi dan stabil pada periode ketujuh.

Kata kunci : Environmental Kuznets Curve, Vector Error Correction Mechanism, Emisi CO₂

1. Pendahuluan

Studi lingkungan hidup sangat erat kaitannya dengan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) Untuk memahami pembangunan berkelanjutan di masa yang akan datang, diperlukan pemahaman yang akurat mengenai kondisi dan lingkungan di masa lalu sehingga dapat diketahui hubungan antara pembangunan ekonomi dan pembangunan berkelanjutan.

Di bidang ekonomi lingkungan, hipotesis EKC digunakan untuk mempertimbangkan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan lingkungan. Hipotesis ini diperoleh melalui observasi data. Ketika salah satu plot pendapatan per-kapita di sepanjang sumbu horisontal dan indeks per-kapita degradasi lingkungan pada sumbu vertikal untuk negara tertentu, dia akan umumnya menemukan hubungan yang mengambil bentuk kurva berbentuk U terbalik. Dengan kata lain, degradasi lingkungan mengalami peningkatan pada tahap awal pembangunan ekonomi, dan setelah pendapatan per kapita mengalami peningkatan pada level tertentu degradasi lingkungan akan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya pendapatan.



Gambar 1. Hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC)
 Sumber : Uchiyama,

Gambar 1 memperlihatkan hubungan antara pendapatan perkapita dengan kerusakan lingkungan. Seiring meningkatnya pendapatan perkapita maka terjadi peningkatan kerusakan lingkungan. Hingga pada satu titik, ketika pendapatan perkapita semakin bertambah, kerusakan lingkungan mengalami penurunan.

Simon Kuznets menemukan hubungan antara pendapatan nasional per kapita dan ketimpangan pendapatan, kemudian beliau menyajikan hipotesis hubungan yang berkembang pada tahap awal pembangunan ekonomi dan kemudian mengalami penciutan yang dikenal dengan Kuznets Curve Hypothesis. Ketika pemerintah mempertimbangkan pembangunan berkelanjutan, memahami pengaruh pertumbuhan ekonomi terhadap lingkungan menjadi lebih penting dibanding hanya memperhatikan pertumbuhan ekonomi itu sendiri, sehingga konsep EKC juga menjadi menarik ketika suatu wilayah ingin menerapkan pembangunan berkelanjutan [5].

Model statis sederhana dan langsung untuk menjelaskan EKC di mana kurva tersebut tergantung pada kenaikan hubungan teknologi antara konsumsi barang yang diinginkan dan pengurangan produk sampingan yang tidak diinginkan. Hasilnya, kurva tidak tergantung pada dinamika pertumbuhan, lembaga-lembaga politik, atau bahkan eksternalitas, dan konsisten dengan kegagalan pasar atau efisiensi. Sehingga disimpulkan dengan menghadirkan dukungan empiris untuk meningkatkan pengembalian polutan udara secara umum [2].

de Bruyn and Heintz [3] menyajikan lima faktor yang mempengaruhi EKC, yaitu (1) perubahan perilaku dan preferensi, (2) perubahan institusi, (3) perubahan teknologi dan organisasi, (4) perubahan struktur dan (5) realokasi internasional.

Secara umum, studi empiris telah berusaha untuk menjelaskan tingkat degradasi lingkungan per-kapita dengan cara persamaan polinomial pendapatan per kapita. Pembuktian secara empiris terhadap EKC yang dilakukan oleh peneliti-peneliti tersebut menggunakan data panel dengan individu yang dipilih adalah negara. Model regresi yang standar digunakan untuk menjelaskan EKC adalah sebagai berikut:

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_1 y_{it} + \beta_2 y_{it}^2 + \beta_3 y_{it}^3 + \beta_4 x_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Dimana E adalah indeks polutan lingkungan, y adalah pendapatan perkapita dan x adalah variabel kontrol lainnya. Notasi i dan t menunjukkan negara dan periode

waktu yang digunakan. Jika $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ dan $\beta_3 = 0$ dan signifikan secara statistik, dan titik balik dimana level polutan mulai turun, pada saat itulah terjadi EKC.

Sementara itu, penelitian ini bertujuan untuk memperlihatkan bagaimana hubungan antara polutan dan pendapatan suatu negara yang ditunjukkan oleh pertumbuhan polutan dan pertumbuhan ekonomi (dihitung dari pertumbuhan Produk Domestik Bruto) terjadi.

Indonesia, sebagai negara berkembang yang selalu berpaku pada nilai pertumbuhan ekonomi sebagai indikator utama bagi keberhasilan pembangunan ekonominya perlu memperhatikan hubungan antara pertumbuhan polutan dan pertumbuhan ekonominya. Harapannya tentu agar tercipta pembangunan ekonomi yang berkelanjutan, sehingga pembangunan yang dilakukan pada saat ini dapat dinikmati oleh generasi selanjutnya tanpa mengorbankan lingkungan.

2. Metodologi

Untuk memperlihatkan hubungan tersebut, digunakan data deret waktu emisi CO₂ dan Produk Domestik Bruto (PDB) dari tahun 1971 sampai 2013. Karena yang ingin dilihat adalah pertumbuhannya, maka kedua data tersebut ditransformasi dalam bentuk log. Selain itu data dalam bentuk log ini juga stasioner di level. Asumsi stasioneritas ini diperlukan bila kita ingin menggunakan model deret waktu, agar estimasi parameter yang dilakukan memenuhi asumsi Gauss Markov.

Metode yang digunakan adalah Vector Autoregressive (VAR). Model ini merupakan system persamaan simultan dimana jumlah persamaan yang dibentuk adalah sejumlah variabel yang digunakan. Masing-masing persamaan memiliki keterkaitan baik secara matematis maupun teoritis.

VAR digunakan ketika kita akan melakukan analisis terhadap beberapa variabel, tetapi kita tidak bisa membedakan mana yang menjadi variabel independen dan mana yang menjadi variabel dependen. Dengan karakteristik persamaan yang demikian, maka dapat dikatakan VAR adalah metode statistik yang menjelaskan hubungan antar variabel secara simultan. VAR akan membentuk sistem persamaan yang terdiri dari banyaknya variabel yang digunakan dalam sistem. Masing-masing persamaan merupakan fungsi dari variabel independen beserta lag-nya serta lag dari variabel dependennya. Jumlah lag ini menunjukkan berapa ordo dari VAR.

Berikut adalah penurunan formula VAR

$$Y_t = b_{10} - b_{12}Z_t + \gamma_{11}Y_{t-1} + \gamma_{12}Z_{t-1} + \varepsilon_{Yt} \quad (2)$$

$$Z_t = b_{20} - b_{21}Y_t + \gamma_{21}Y_{t-1} + \gamma_{22}Z_{t-1} + \varepsilon_{Zt} \quad (3)$$

Kemudian dibentuk menjadi

$$Y_t + b_{12}Z_t = b_{10} + \gamma_{11}Y_{t-1} + \gamma_{12}Z_{t-1} + \varepsilon_{Yt} \quad (4)$$

$$Z_t + b_{21}Y_t = b_{20} + \gamma_{21}Y_{t-1} + \gamma_{22}Z_{t-1} + \varepsilon_{Zt} \quad (5)$$

Jika ditulis dalam bentuk matriks

$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_t \\ Z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{t-1} \\ Z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{Yt} \\ \varepsilon_{Zt} \end{bmatrix}$$

$$B X_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Kemudian dikali dengan B^{-1}

$$B^{-1}B X_t = B^{-1}\Gamma_0 + B^{-1}\Gamma_1 X_{t-1} + B^{-1}\varepsilon_t \quad (6)$$

$$X_t = A_0 + A_1 X_{t-1} + e_t \quad (7)$$

Sehingga

$$Y_t = a_{10} + a_{11}Y_{t-1} + a_{12}Z_{t-1} + e_{Yt} \quad (8)$$

$$Z_t = a_{20} + a_{21}Y_{t-1} + a_{22}Z_{t-1} + e_{Zt} \quad (10)$$

Dalam bentuk Lag Operator

$$Y_t = a_{10} + a_{11}LY_t + a_{12}LZ_t + e_{Yt} \quad (11)$$

$$Z_t = a_{20} + a_{21}LY_t + a_{22}LZ_t + e_{Zt} \quad (12)$$

Bila dibuat dalam bentuk Autoregressive² ordo 1 atau AR(1) maka bentuknya

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (13)$$

Sedangkan bila disusun dalam bentuk Vektor, akan membentuk Vector Autoregressive ordo 1 atau VAR(1), penulisannya menjadi seperti berikut ini beserta penurunannya

$$X_t = A_0 + A_1 X_{t-1} + e_t \quad (14)$$

$$= A_0 + A_1(A_0 + A_1 X_{t-2} + e_{t-1}) + e_t$$

$$= (I + A_1)A_0 + A_1^2 X_{t-2} + A_1 e_{t-1} + e_t$$

$$= (I + A_1)A_0 + A_1^2(A_0 + A_1 X_{t-3} + e_{t-2}) + A_1 e_{t-1} + e_t$$

$$= (I + A_1 + A_1^2)A_0 + A_1^3 X_{t-3} + A_1^2 e_{t-2} + A_1 e_{t-1} + e_t$$

$$= (I + A_1 + A_1^2)A_0 + A_1^3(A_0 + A_1 X_{t-4} + e_{t-3}) + A_1^2 e_{t-2} + A_1 e_{t-1} + e_t$$

$$X_t = (I + A_1 + A_1^2 + A_1^3)A_0 + A_1^4 X_{t-4} + A_1^3 e_{t-3} + A_1^2 e_{t-2} + A_1 e_{t-1} + e_t \quad (15)$$

I = matriks identitas 2 x 2

Bila dilakukan hingga n kali, maka bentuk persamaan (15) menjadi

$$X_t = (I + A_1 + A_1^2 + \dots + A_1^n)A_0 + \sum_{i=0}^n A_1^i e_{t-1} + A_1^{n+1} X_{t-(n-1)} \quad (16)$$

Dimana:

$$\mu = \frac{\bar{Y}}{\bar{Z}}$$

$$\bar{Y} = \frac{[a_{10}(I - a_{22}) + a_{12}a_{20}]}{\Delta}$$

$$\bar{Z} = \frac{[a_{20}(I - a_{11}) + a_{21}a_{10}]}{\Delta}$$

$$\Delta = (I - a_{11})(I - a_{22}) - a_{12}a_{21}$$

² Autoregressive (AR) merupakan suatu observasi pada waktu t dinyatakan sebagai fungsi linier terhadap p waktu sebelumnya ditambah dengan sebuah residual acak at yang white noise yaitu independen dan berdistribusi normal dengan rata-rata 0 dan varian konstan σ^2 , ditulis at $\sim N(0, \sigma^2)$.

Impulse Response Function

Pada persamaan VAR, bila koefisien regresinya diinterpretasikan seperti menginterpretasikan regresi linear berganda akan terasa janggal karena variabel endogennya adalah variabel eksogen dari periode sebelumnya yang tidak bisa diintervensi karena sudah terjadi. Selain itu, variabel eksogen di persamaan yang satu merupakan variabel endogen di persamaan yang lain.

Oleh karena itu, untuk menginterpretasikan persamaan VAR, diperlukan teknik lain dengan cara memberikan guncangan (*shock*) terhadap suatu variabel kemudian melihat reaksi dari variabel lainnya. Cara seperti ini disebut dengan *Impulse Response Function* (IRF).

IRF bermanfaat untuk menunjukkan bagaimana respon suatu variabel dari sebuah shock dalam variabel itu sendiri dan variabel endogen lainnya. Formula IRF dapat diturunkan sebagai berikut:

Misalkan dari persamaan VAR(1)

$$X_t = A_0 + A_1 X_{t-1} + e_t$$

Setelah hingga ke-n seperti pada persamaan (16), maka

$$\begin{aligned} X_t &= (I + A_1 + A_1^2 + \dots + A_1^n)A_0 + \sum_{i=0}^n A_1^i e_{t-1} + A_1^{n+1} X_{t-(n-1)} \\ &= \mu + \sum_{i=0}^{\infty} A_1^i e_{t-1} \\ &= \begin{bmatrix} \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} e_{1t-1} \\ e_{2t-1} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i B^{-1} \varepsilon_t \\ &= \begin{bmatrix} \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \frac{1}{1-b_{12}b_{22}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{Yt-1} \\ e_{Zt-1} \end{bmatrix} \\ X_t &= \begin{bmatrix} \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \phi_{11}(i) & \phi_{12}(i) \\ \phi_{21}(i) & \phi_{22}(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{Yt-1} \\ \varepsilon_{Zt-1} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (17)$$

$$X_t = \begin{bmatrix} \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \phi \varepsilon \quad (18)$$

Dimana:

$\phi_{11}(i)$ = respon i periode pada variabel Y akibat perubahan ε_{Yt-1} yang disebabkan shock pada Y

$\phi_{12}(i)$ = respon i periode pada variabel Y akibat perubahan ε_{Zt-1} yang disebabkan shock pada Z

$\phi_{21}(i)$ = respon i periode pada variabel Z akibat perubahan ε_{Yt-1} yang disebabkan shock pada Y

$\phi_{22}(i)$ = respon i periode pada variabel Z akibat perubahan ε_{Zt-1} yang disebabkan shock pada Z

Nilai IRF dihitung antar waktu forecast dan direpresentasikan pada persamaan (2) pada matriks ϕ .

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah emisi karbondioksida (CO₂) untuk menggambarkan kerusakan lingkungan dan GDP (*Gross Domestic*

Product atau PDB) untuk menggambarkan pendapatan. Emisi karbondioksida yang digunakan adalah yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dan pembuatan semen termasuk karbon dioksida yang dihasilkan selama konsumsi bahan bakar padat, cair, dan gas dan pembakaran gas. Data GDP yang digunakan adalah GDP atas dasar harga berlaku. Semua data diunduh dari <http://data.worldbank.org/country> dengan series tahunan (1971-2013). Data ditransformasi dalam bentuk logaritma untuk menggambarkan pertumbuhan dari variabelnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Dengan data log emisi CO₂ dan log PDB dihasilkan persamaan VAR dengan ordo 2 atau ditulis VAR(2). Hasil AR Root menunjukkan bahwa data stabil digunakan dalam system VAR karena tidak terdapat root. Sistem persamaan VAR(2) tersebut ditulis sebagai berikut:

$$\log(\text{CO}_2) = 0.73 \log(\text{CO}_2)_{t-1} - 0.21 \log(\text{CO}_2)_{t-2} + 0.29 \log(\text{GDP}_{t-1}) + 0.18 \log(\text{GDP}_{t-2}) - 11.28 \quad (3)$$

$$\log(\text{GDP}) = -0.0075 \log(\text{CO}_2)_{t-1} + 0.0327 \log(\text{CO}_2)_{t-2} + 1.25 \log(\text{GDP}_{t-1}) - 0.29 \log(\text{GDP}_{t-2}) + 1.15 \quad (4)$$

Selanjutnya dilakukan uji kausalitas Granger untuk melihat apakah terjadi hubungan timbal balik antara pertumbuhan emisi CO₂ dengan pertumbuhan ekonomi [4]. Hipotesis nolnya adalah pertumbuhan ekonomi tidak mempengaruhi pertumbuhan emisi CO₂. Hipotesis nol ditolak bila nilai p-value yang dihasilkan lebih kecil dari tingkat sigfikansi yang digunakan. Dari hasil olahan data, nilai p-value yang dihasilkan adalah 0,0493. Nilai ini lebih kecil dibandingkan tingkat signifikansi yang digunakan (α) 5%, maka hipotesis nol tersebut ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan ekonomi mempengaruhi pertumbuhan emisi CO₂. Sebaliknya dengan hipotesis nol pertumbuhan emisi CO₂ tidak mempengaruhi pertumbuhan ekonomi, uji kausalitas granger menunjukkan bahwa Ho gagal ditolak. Sehingga pertumbuhan emisi CO₂ tidak mempengaruhi pertumbuhan ekonomi. Uji Kausalitas Granger ini ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. VAR Granger Causality

Dependent variable: LOG(CO2)			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LOG(GDP)	6.020274	2	0.0493
All	6.020274	2	0.0493

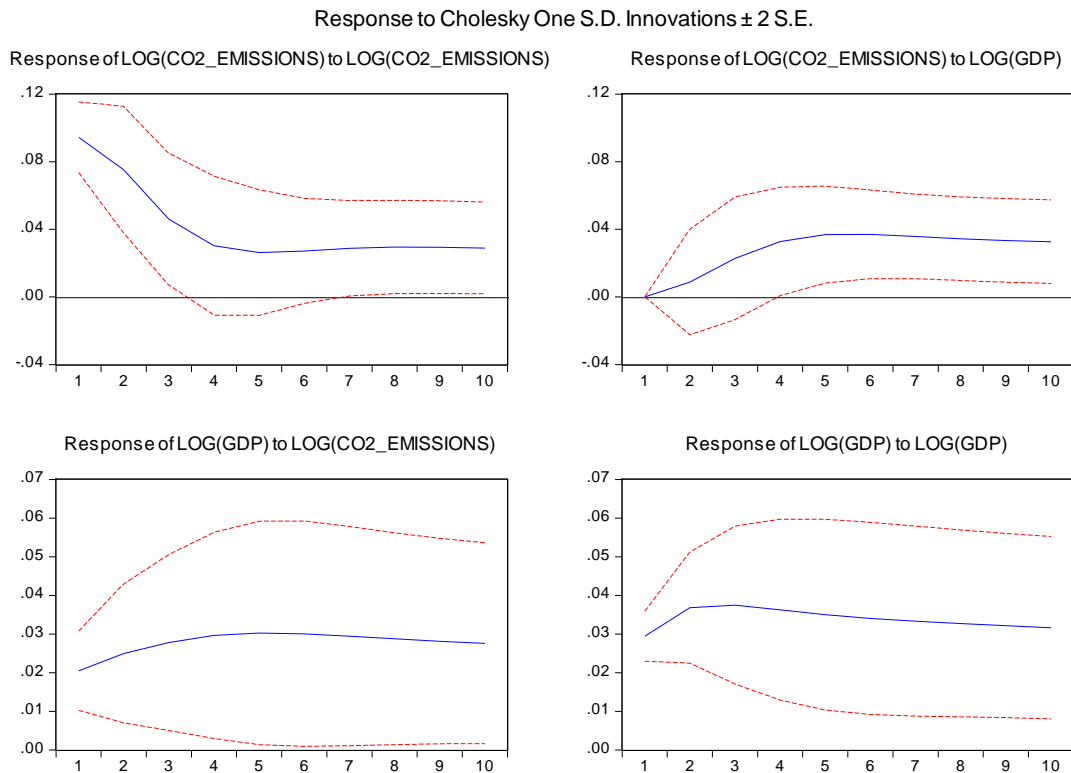
Dependent variable: LOG(GDP)

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LOG(CO2)	0.19.7240	2	0.9061
All	0.197240	2	0.9061

Sumber: Hasil pengolahan data dengan evIEWS 8

Untuk mengidentifikasi respon pertumbuhan emisi CO₂ pada IRF dalam model VAR digunakan standar *Cholesky Decomposition*³ yang bertujuan untuk *generate impulse response* yang tergantung secara kursial pada urutan (*ordering*) variable dalam sistem. Pada penelitian ini periode waktu yang digunakan dalam menganalisis respon pertumbuhan ekonomi terhadap CO₂ diproyeksikan dalam tahun ke depan. Melalui IRF dapat diketahui bagaimana respon pertumbuhan emisi CO₂ terhadap guncangan dari variabel pertumbuhan ekonomi. Respon tersebut disajikan pada gambar 2.

Gambar 2. Respon Pertumbuhan Emisi CO₂ dan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Guncangan Pada Masing-Masing Variabel.



³ Dalam aljabar linear, Cholesky decomposition atau Cholesky factorization adalah dekomposisi matriks hermitian positif definit In linear algebra menjadi produk matriks segitiga bawah dan transpose konjugasinya. Ini sangat berguna untuk solusi numeric yang efisien dan simulasi monte carlo.

Pada gambar 2, sumbu x adalah periode ramalan dari data yang digunakan. Angka 1 menggambarkan 1 periode berikutnya dari data terakhir yaitu tahun 2014. Sedangkan sumbu y menggambarkan respon pada variabel yang terkena dampak jika terjadi guncangan (*shock*) pada variabel pasangannya. Penjelasan detail untuk gambar 2 adalah sebagai berikut. Panel 1 hingga 4 mengikuti arah jarum jam.

1. Respon pertumbuhan emisi CO₂ terhadap guncangan pertumbuhan emisi CO₂
Guncangan pertumbuhan emisi CO₂ sebesar satu standar deviasi pada tahun pertama akan menyebabkan peningkatan pada pertumbuhan emisi CO₂ sebesar 9,4 persen. Respon ini mengalami penurunan di tahun kedua dan terus turun hingga tahun keenam responnya relative stabil.
2. Respon pertumbuhan emisi CO₂ terhadap guncangan pertumbuhan ekonomi
Guncangan pertumbuhan ekonomi sebesar satu standar deviasi pada tahun pertama tidak menimbulkan respon pada pertumbuhan emisi CO₂. Tetapi pada tahun kedua pertumbuhan emisi merespon 0,8 persen atas guncangan pada pertumbuhan ekonomi. Respon positif ini terus mengalami kenaikan di tahun ketiga dan terus naik hingga tahun kelima responnya relative stabil.
3. Respon pertumbuhan ekonomi terhadap guncangan pertumbuhan emisi CO₂
Guncangan pertumbuhan emisi CO₂ sebesar satu standar deviasi pada tahun pertama menimbulkan respon positif sebesar 2 persen pada pertumbuhan ekonomi. Respon ini terus naik, hingga tahun kelima dan cenderung stabil.
4. Respon pertumbuhan ekonomi terhadap guncangan pertumbuhan emisi CO₂
Guncangan pertumbuhan emisi CO₂ sebesar satu standar deviasi pada tahun pertama menimbulkan respon positif pada pertumbuhan ekonomi sebesar 2,9 persen dan pada tahun ketiga responnya naik sebesar 3,9 persen. Respon ini cenderung ini stabil pada tahun ketiga dan seterusnya.

Tabel 2 berikut ini merupakan representasi dari grafik 2 dalam bentuk nilai responnya. Kolom 2 dan 3 adalah respon dari variabel emisi CO₂ bila terjadi guncangan pada variabel log CO₂ dan log GDP. Kolom 4 dan 5 adalah respon dari variabel log GDP bila terjadi guncangan pada variabel log CO₂ dan log GDP

Tabel 2. Nilai IRF untuk pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan emisi CO₂

Period	Response of LOG(CO ₂):		Response of LOG(GDP):	
	LOG(CO ₂)	LOG(GDP)	LOG(CO ₂)	LOG(GDP)
1	0.094434	0.000000	0.020491	0.029405
2	0.075265	0.008757	0.024947	0.036822
3	0.045945	0.022820	0.027781	0.037460
4	0.030280	0.032789	0.029621	0.036273
5	0.026213	0.036817	0.030257	0.034985
6	0.027148	0.037011	0.030035	0.034016
7	0.028763	0.035756	0.029430	0.033308

8	0.029522	0.034405	0.028757	0.032720
9	0.029417	0.033380	0.028137	0.032160
10	0.028867	0.032646	0.027583	0.031593

Cholesky Ordering: LOG(CO2) LOG(GDP)

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis IRF di atas dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan emisi CO₂ tidak langsung merespon terhadap guncangan pada pertumbuhan ekonomi pada tahun pertama. Artinya ketika pertumbuhan ekonomi mengalami perubahan sebesar satu standar deviasi, pertumbuhan emisi CO₂ baru merespon di tahun kedua dan seterusnya. Sehingga dapat disimpulkan diperlukan waktu untuk terjadi polusi bila terjadi pembangunan ekonomi yang ditunjukkan dengan pertumbuhan ekonomi. Lamanya waktu sampai terjadi polusi akibat pertumbuhan ekonomi itu adalah satu tahun, karena pada tahun kedua terjadi respon positif atas guncangan tersebut. Sejalan dengan itu, tahap awal *Environmental Kuznets Curve* memang terjadi di Indonesia. Untuk tahap berikutnya diperlukan metode regresi lain yang menggambarkan hipotesis ini.

Referensi

- [1] Andreoni, James & Arik Levinson, 2004, *The Simple Analytic of the Environmental Kuznets Curve*, *Journal of Public Economics* (2004), 80, 260-286.
- [2] Arouri, Mohamed El Hedi et al., 2012, *Energy Consumption, Economic Growth and Co2 Emissions in Middle East and North African Countries*, *IZA Discussion Paper* (2012),6412.
- [3] de Bruyn, S. M., & Heintz, R. J., 2002, *The environmental Kuznets curve hypothesis*. In J. C.J.M.vandenBergh(Ed.), *Handbook of environmental and resource economics* pp.656–677. Oxford: Edward Elgar.
- [4] Enders, Walter, 2014, *Applied Econometric Time Series (4th edition)*, Wiley.
- [5] K. Uchiyama, 2016, *Environmental Kuznets Curve Hypothesis and Carbon Dioxide Emissions*, *Development Bank of Japan Research Series*, p.11-29
- [6] Stern, David I., 2004, *The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve*. *World Development*, 32(8), 1419-1439
- [7] <http://data.worldbank.org/country> diunduh 30 Januari 2017.