

Pembangunan Ekonomi, Industrialisasi, dan Degradasi Lingkungan Hidup di Indonesia Tahun 1967-2013: Environmental Kuznet Curve Model

Andi Kurniawan

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dampak pembangunan ekonomi dan proses industrialisasi terhadap Degradasi lingkungan di Indonesia baik dalam jangka panjang maupun jangka pendek. Untuk melihat pengaruh pembangunan ekonomi dan industrialisasi terhadap penurunan kualitas lingkungan di Indonesia, penelitian ini menggunakan model *Environmental Kuznet Curve* (EKC) dan dengan model *Error Correction Mechanism* (ECM). Hasil penelitian menjelaskan bahwa dalam jangka panjang peningkatan pendapatan masyarakat dan industrilisasi berpengaruh positif secara linier terhadap peningkatan emisi CO₂ dan pada tingkat pendapatan tertentu terjadi proses perbaikan lingkungan yang ditandai dengan penurunan emisi CO₂. Namun dalam jangka pendek hanya industrialisasi yang memberikan pengaruh pada peningkatan emisi CO₂. Diharapkan adanya konsesus bersama antara pemerintah dan pelaku usaha (industri) dalam mengurangi dampak pencemaran serta adanya peningkatan kesadaran masyarakat dalam membantu mengurangi kerusakan lingkungan hidup.

Kata kunci: *pembangunan ekonomi, industrialisasi, degradasi, lingkungan hidup, Enviromnetal Kuznet Kurve, Error Correction Mechanism*

Economic Development, Industrialization, and Environmental Degradation in Indonesia 1967-2013: Environmental Kuznet Curve Model

ABSTRACT

This study aims to identify the impact of economic development and industrialization to the environmental degradation in Indonesia, both in the long term and short term. To see the effect of economic development and industrialization to the environmental degradation in Indonesia, this research was used Environmental Kuznets Curve (EKC) model and the model of Error Correction Mechanism (ECM). The results of the study explain that in the long term, improvement of people's income and industrialization have positive effect linearly with the increase in CO₂ emissions and at a certain income level there is a process improvement environment characterized by a decrease in CO₂ emissions. But in the short term only industrialization which influence on the increase of CO₂ emissions. Expected that the consensus between the government and businesses (industri) in reducing the impact of pollution and the increased awareness of society in helping to reduce environmental damage.

Keywords: *economic development, industrialization, degradation, environmental, Enviromnetal Kuznets curve, Error Correction Mechanism*

PENDAHULUAN

Menurut pengertian akademisi ilmu ekonomi, pembangunan (*development*) secara tradisional diartikan sebagai kapasitas dari sebuah perekonomian nasional—yang kondisi ekonomi awalnya kurang lebih bersifat statis dalam waktu yang cukup lama—untuk menciptakan dan mempertahankan kenaikan pendapatan nasional bruto atau GNI (*Gross National Income*). Indeks ekonomi lainnya yang juga sering digunakan untuk mengukur tingkat kemajuan pembangunan

adalah tingkat pertumbuhan pendapatan per kapita (*Income per Capita*) atau GNI perkapita. (Todaro, 2006)

Pada masa lampau pembangunan ekonomi juga sering diukur berdasarkan tingkat kemajuan struktur produksi dan penyerapan tenaga kerja (*employment*) yang diupayakan secara terencana. Biasanya dalam proses tersebut peranan sektor pertanian menurun untuk memberi kesempatan bagi tampilnya sektor-sektor manufaktur dan jasa-jasa agar senantiasa berkembang. Oleh karena itu,

Tabel 1. Jumlah Emisi Karbon Dioksida (Co2) dan Emisi CO2 Perkapita Beberapa Negara

No.	Negara	Emisi Co2 perkapita (Ton)	Emisi Co2 (Milyar ton)	Kontribusi (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	China	7.55	10.25	28.59
2	Amerika	16.39	5.19	14.47
3	India	1.59	2.03	5.68
4	Rusia	12.47	1.79	4.99
5	Jepang	9.76	1.24	3.47
6	Jerman	9.22	0.76	2.11
7	Iran	8.00	0.62	1.72
8	Korea Selatan	11.80	0.59	1.65
9	Saudi Arabia	17.93	0.54	1.51
10	Brazil	2.47	0.50	1.41
11	Mexico	3.95	0.49	1.36
12	Indonesia	1.91	0.48	1.34
	Dunia	4.996	35.85	100.00

Sumber : Bank Dunia

strategi biasanya berfokus pada upaya menciptakan industrialisasi secara cepat sehingga kadangkala mengorbankan kepentingan pembangunan sektor pertanian dan daerah pada umumnya. (Todaro, 2006)

Dalam tahun-tahun terakhir ini, para ekonom semakin menyadari betapa pentingnya implikasi-implikasi yang ditimbulkan oleh persoalan lingkungan hidup terhadap upaya-upaya pembangunan ekonomi. Sekarang kita memahami bahwa interkasi antara kemiskinan dengan degradasi lingkungan dapat menjurus suatu proses perusakan tanpa henti. (Todaro, 2006)

Pembangunan ekonomi yang dilakukan oleh semua negara didunia ini termasuk Indonesia bertujuan untuk memberikan kemakmuran bagi masyarakatnya, namun pembangunan ekonomi juga memberikan dampak negatif yang cukup serius yang dihadapi oleh setiap negara yaitu pencemaran lingkungan seperti; tercemarnya air, tanah dan udara serta rusaknya ekosistem dan lain sebagainya. Salah satu pencemaran lingkungan yang menjadi isu global adalah pemanasan global. Pemanasan global ini sebagai akibat naiknya konsentrasi karbon dioksida (CO₂) serta jenis gas lainnya yang ada di atmosfer. Menurut data Bank dunia, emisi CO₂ yang dihasilkan oleh negara-negara di dunia ini sebagai akibat aktifitas pembangunan yang

dilakukan adalah sebanyak 35,85 milyar miliar ton emisi CO₂ (MtCO₂e) per tahun. Dan Indonesia merupakan Negara yang memberikan kontribusi besar dalam menghasilkan emisi CO₂.

Tabel 1 di atas menggambarkan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara yang memberikan sumbangan emisi CO₂ yang cukup besar pada pencemaran dunia. Pada tahun 2013 sumbangan emisi CO₂ Indonesia sebesar 0,48 Milyar Ton atau 1,34 persen menyumbang emisi CO₂ dunia. Posisi Indonesia menduduki urutan ke-12 terbesar penyumbang emisi karbon dunia dengan emisi CO₂ perkapita sebesar 1,91 ton perkapita per tahun.

Dalam dunia global, pembangunan yang memperhatikan faktor lingkungan juga menjadi pembahasan bersama. Pada 25 September 2015 di Markas Besar PBB, para pemimpin 193 negara anggota PBB mengadopsi Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) sebagai agenda pembangunan global yang baru untuk periode 2016-2030 yang merupakan kelanjutan dari *Millennium Development Goals* (MDGs). Terkait dengan peningkatan pendapatan masyarakat, industrialisasi dan isu lingkungan secara lebih tegas diatur dalam beberapa point tujuan SDGs, diantaranya: (United Nation, 2016)

- Mempromosikan pertumbuhan yang

berkelanjutan, inklusif dan keberkelanjutan ekonomi, tenaga yang produktif dan pekerjaan yang layak bagi semua (tujuan ke-8 SDGs)

- Membangun infrastruktur tangguh, mempromosikan industrialisasi yang inklusif and berkelanjutan dan membantu pengembangan inovasi tujuan ke 8-SDGs)

- Tindakan mendesak untuk memerangi perubahan iklim dan dampaknya (tujuan ke-13 SDGs)

Pembangunan ekonomi berkelanjutan atau berkesinambungan dalam upaya memperjelas keseimbangan yang paling diinginkan antara pertumbuhan ekonomi disatu sisi dan pelestarian lingkungan hidup atau sumber daya alam disisi lainnya. (Todaro, 2006). Pembangunan ekonomi berkelanjutan merupakan upaya meningkatkan kesejahteraan masyarakat dengan memperhatikan dampak lingkungan. Namun yang terjadi, peningkatan pendapatan masyarakat selalu diikuti oleh penurunan kualitas lingkungan seperti: deforestasi, tercemarnya sumber air, tercemarnya udara oleh berbagai jenis polutan. Salah satu indikator yang dapat dijadikan ukuran

DATA DAN METODELOGI

Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *time series*, tahun 1967-2013 yang bersumber dari Bank Dunia antara lain: jumlah emisi CO₂, emisi CO₂ perkapita, pendapatan perkapita atas dasar harga berlaku (nominal) , PDB deflator, dan kontribusi nilai tambah sektor industri terhadap Produk Domestik Bruto (PDB).

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah emisi CO₂ perkapita sedangkan variabel independen antara lain: pendapatan perkapita riil, dan kontribusi nilai tambah sektor industri terhadap PDB. PDB perkapita riil diperoleh dengan cara membagi PDB perkapita nominal dengan PDB deflator.

Metodologi

a. *Environmental Kuznets Curve*

Penelitian mengenai hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan indikator kualitas lingkungan ini menggunakan konsep *Environmental Kuznets Curve* (EKC). EKC merupakan hipotesis hubungan antara berbagai macam indikator degradasi lingkungan dan pendapatan per kapita yang membentuk kurva U

terbalik. Pada awal pertumbuhan ekonomi terjadi peningkatan degradasi lingkungan, tetapi pada tingkat pendapatan per kapita tertentu terjadi perbaikan lingkungan (Stern, 1996). Panayotou (2003) membuat studi empiric mengenai EKC dengan persamaan umum sebagai berikut:

$$CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 Y_t + \beta_2 Y_t^2 + \beta_3 Y_t^3 + \varepsilon_t \quad (1)$$

Dimana CO_{2t} dan Y_t adalah emisi CO₂ per kapita and PDB per capita dalam periode penelitian. Jika $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ dan $\beta_3 = 0$ perekonomian mengikuti EKC.

Ang (2007) dan Iwata et al. (2010) dalam penelitian mengkaji model EKC dengan membentuk hubungan jangka panjang antara emisi CO₂, pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi dan perdagangan luar negeri dengan juga berdasarkan konsep EKC menggunakan model logaritma. Penelitian ini juga menggunakan konsep EKC dengan membentuk hubungan jangka panjang antara antara emisi CO₂, pertumbuhan ekonomi dan industrialisasi:

$$\ln E_t = \beta_0 + \beta_1 \ln Y_t + \beta_2 \ln (Y_t)^2 + \beta_3 (Y_t)^3 + \beta_4 \ln Ind_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Dimana E adalah emisi CO₂ per capita, Y merupakan PDB per capita real, dan Ind adalah share industri dalam perekonomian, dan ε_t adalah *Error term*.

b. Analisis *Error Corection Mechanism*

Penelitian ini akan menggunakan analisis *Error Correction Mechanism* (ECM) model sebagai salah analisis data *time series*. ECM merupakan salah satu model dinamik yang diterapkan secara luas dalam analisis ekonomi. Model ECM pertama kali dipernalkan oleh Sargan dan dipopulerkan oleh Engle dan Granger, yaitu model yang digunakan untuk mengoreksi keseimbangan jangka pendek menuju keseimbangan jangka panjang (Nachrowi, 2006)

Hubungan jangka panjang antara emisi CO₂, pertumbuhan ekonomi, dan industrialisasi atau terjadi kointegrasi antara variabel dependen (Yt) dan variabel eksogen (Xt). Gujarati menyatakan bahwa apabila Yt dan Xt berkointegrasi, maka terdapat hubungan jangka panjang antara kedua variabel dan dalam jangka pendek akan terdapat ketidakseimbangan antara kedua variabel, sehingga *Error term* ε_t dalam persamaan (2) dianggap sebagai *equilibrium error*. *Error term* menghubungkan perilaku jangka pendek menuju nilai jangka panjangnya. Berdasarkan teori yang disebut sebagai *Granger Representation Theorem*, apabila

Y_t dan X_t berkointegrasi, sifat hubungan jangka pendek antara keduanya dapat dinyatakan dalam bentuk ECM Model (Gujarati,2003). Sehingga model ECM dalam penelitian ini sebagai berikut:

$$\Delta \text{Ln}E_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta \text{Ln}Y_t + \beta_2 (\Delta \text{Ln}Y_t^2) + \beta_3 (\Delta \text{Ln}Y_t^3) + \beta_4 \Delta \text{Ind}_t + \beta_5 v_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Dimana ΔE adalah turunan pertama dari variabel emisi CO₂ per capita, ΔY merupakan turunan pertama dari variabel PDB per capita real, ΔInd adalah turunan pertama dari variabel share industri dalam perekonomian, dan β_5 adalah *speed of adjustment* yang menunjukkan seberapa cepat keseimbangan akan dikembalikan. Beberapa tahapan harus dilakukan dalam penggunaan analisis ECM yaitu: uji stasioneritas dan uji kointegrasi.

Uji Stasioneritas

Uji stasioner diperlukan karena permasalahan yang dimiliki oleh data *time series* adalah adanya otokorelasi. Otokorelasi menyebabkan data tidak stasioner, data yang tidak stasioner baik pada variabel dependen maupun variabel eksogen akan menghasilkan regresi palsu (*spurious regression*). Regresi palsu adalah situasi ketika hasil regresi akan terlihat baik dengan koefisien determinasi (R²) yang tinggi dan uji hipotesis yang signifikan tetapi sebenarnya hubungan antar variabel di dalam model tidak memberi arti. (Nachrowi, 2006).

Pengujian stasioneritas dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Augmented Dicky-Fuller (ADF) Test*. Pengujian ini merupakan penyesuaian dari *Dicky-Fuller (ADF) Test*. DF test mengasumsikan bahwa *error* independen atau tidak berkorelasi, sehingga *ADF test* digunakan untuk mengatasi adanya korelasi pada *error* dengan menambahkan turunan lag dari variabel dependen. Penyederhanaan uji stasioneritas dimulai dari bentuk persamaan awal berikut: (Gujarati, 2003)

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \quad (4)$$

Dimana Y_t adalah variabel yang diamati pada periode t, Y_{t-1} adalah variabel yang diamati pada periode t-1, ρ merupakan koefisien autoregresi dan u_t adalah *white-noise Error term* (residual bersifat random atau stokastik dengan rata-rata nol dan varians konstan serta tidak saling berhubungan). Apabila $\rho=1$, pada model (3) menjadi *random walk* tanpa trend yang memiliki unit root atau data tidak stasioner. Oleh karena itu, model (3) disederhanakan dengan cara mengurangi Y_{t-1} pada kedua ruas, sehingga diperoleh: (Gujarati, 2003)

$$Y_t - Y_{t-1} = \rho Y_{t-1} + u_t - Y_{t-1} \quad (5)$$

$$\Delta Y_{t-1} = (\rho-1) Y_{t-1} + u_t \quad (6)$$

$$\Delta Y_{t-1} = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (7)$$

Dengan $\delta=\rho-1$ dan ΔY_{t-1} merupakan turunan pertama dari Y_t . Model regresi yang digunakan dalam pengujian stasioner adalah sebagai berikut:

$$\Delta Y_{t-1} = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (8)$$

$$\Delta Y_{t-1} = \beta_0 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (9)$$

$$\Delta Y_{t-1} = \beta_0 + \beta_1 t + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (10)$$

Asumsi yang digunakan pada persamaan (8) tanpa memperhitungkan trend dan konstanta, persamaan (9) memperhitungkan konstanta dan persamaan (10) memperhitungkan trend dan konstanta dalam pengujian akar unit. Pengujian stasioneritas melalui uji ADF dilakukan dengan cara menguji hipotesis dalam persamaan regresi berikut:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m a_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (11)$$

Uji Kointegrasi

Uji kointegrasi dilakukan untuk melihat adanya kombinasi hubungan linier antar variabel. Menurut Nachrowi (2006), dua variabel dikatakan berkointegrasi saat kedua variabel tersebut masing-masing tidak stasioner tetapi kombinasi linier antara dua variabel tersebut stasioner. Menurut Rosadi (2012), masalah *spurious regression* akan hilang ketika terjadi kointegrasi dan dengan konsep kointegrasi dapat diamati hubungan *equilibrium* jangka panjang (*long-run equilibrium*) dari variabel-variabel yang tidak stasioner. Jika *Error term* atau u_t pada model yang akan diteliti maka persamaan (1) disebut persamaan kointegrasi, sedangkan parameternya disebut sebagai parameter kointegrasi. Metode yang digunakan untuk pengujian ini adalah metode *Engle-Granger* atau *Augmented Engle-Granger (AEG) Test* dengan memanfaatkan uji DF dan ADF.(Gujarati, 2003).

Setelah uji stasioneritas dan uji kointegrasi, tahapan berikutnya adalah pengujian keberartian model dan pengujian asumsi klasik meliputi: Asumsi normalitas, asumsi homoskedastisitas, asumsi nonautokorelasi dan asumsi non multikolinieritas.

Uji Keberartian Model

Uji keberartian model meliputi uji signifikansi simultan (*F-Test*), Uji signifikansi parameter individu (*t-test*) dan koefisien determinasi. Uji signifikansi simultan bertujuan untuk mengetahui apakah variabel independen

secara bersama-sama mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen. Berdasarkan persamaan (2) untuk model jangka panjang atau persamaan (3) untuk model ECM atau model jangka pendek, hipotesis yang diuji adalah sebagai berikut:

H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k$ (tidak ada variabel independen yang berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen secara simultan)

H_1 : minimal ada $\beta_i \neq 0$, dengan $i=1,2,..k$ (minimal terdapat satu variabel independen yang berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen secara simultan)

Satistik Uji: $F_{Hit} = \frac{SSR/k}{SSE/(n-k-1)}$

Dimana SSR adalah jumlah kuadrat regresi, SSE adalah jumlah kuadrat residual. Jika $F_{hit} > F_{\alpha;(k,n-k-1)}$ atau p -value lebih kecil dari α maka keputusan yang diperoleh adalah tolak H_0 , artinya minimal ada satu variabel independen yang berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

Uji signifikansi parameter individual (t -test) bertujuan untuk mengetahui apakah variabel independen secara parsial mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen. Adapun hipotesis statistik yang diuji Berdasarkan persamaan (2) untuk model jangka panjang atau persamaan (3) untuk model ECM atau model jangka pendek, hipotesis yang diuji adalah sebagai berikut:

H_0 : $\beta_i = 0$, dengan $i=1,2,..k$ (tidak ada pengaruh dari variabel independen ke- i terhadap variabel dependen)

H_1 : $\beta_i \neq 0$, dengan $i=1,2,..$ (ada pengaruh dari variabel independen ke- i terhadap variabel dependen)

Satistik Uji: $t_{Hit} = \frac{b_i}{s(b_i)}$

Dimana b_i adalah nilai penduga parameter ke- i atau koefisien regresi ke- i , dan $s(b_i)$ adalah standar error dari koefisien regresi ke- i . Jika $|t_{hit}| > t_{\alpha/2;(n-k-1)}$ atau p -value lebih kecil dari α maka keputusan yang diperoleh adalah tolak H_0 , artinya secara parsial variabel independen berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

Koefisien determinasi (R^2) merupakan besaran yang digunakan untuk mengukur kebaikan dan kesesuaian (*goodness of fit*) suatu model regresi. Koefisien determinasi menunjukkan persentase variasi total dalam variabel dependen yang mampu dijelaskan oleh variabel independen.

Koefisien determinasi dirumuskan sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}$$

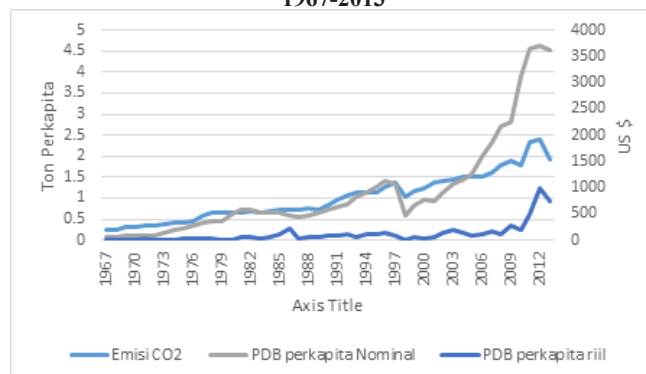
Dimana SSR adalah jumlah kuadrat regresi, SSE adalah jumlah kuadrat residual dan SST adalah jumlah kuadrat total, $SST = SSR + SSE$.

HASIL PEMBAHASAN

Gambaran Umum

Keberhasilan pembangunan ekonomi di Indonesia yang dilakukan sejak kemerdekaan sampai sekarang sangat terlihat, ditandai dengan meningkatnya ketersediaan fasilitas-fasilitas publik, dan terpenuhinya kebutuhan hidup masyarakat. Namun dampak lain dari pembangunan juga ada yaitu pencemaran lingkungan. Ukuran yang biasanya digunakan untuk melihat keberhasilan pembangunan adalah peningkatan pendapatan masyarakat, dan ukuran yang dijadikan indikator pencemaran lingkungan adalah emisi CO_2 . Gambar 2 menggambarkan indikator pembangunan ekonomi dan indikator pencemaran lingkungan (emisi CO_2). Menurut gambar 2, terlihat bahwa selain PDB perkapita yang terus mengalami peningkatan, juga diikuti dampak negatif berupa peningkatan emisi CO_2 yang menandakan terjadinya pencemaran lingkungan. Pada tahun 1967 ketika awal pembangunan orde baru pendapatan perkapita nominal sebesar US \$ 53,51 atau sebesar US \$ 0,32 dalam PDB perkapita riil dan emisi CO_2 masih sangat rendah sebesar 0,23 ton perkapita. Dalam perkembangannya peningkatan pendapatan perkapita mencapai tingkat tertinggi pada tahun 2012 diikuti dengan peningkatan emisi CO_2 perkapita dimana pendapatan perkapita nominal sebesar US \$ 3700,52 atau dalam PDB perkapita riil sebesar US \$ 985 sedangkan emisi CO_2 mencapai 24,59 ton perkapita.

Gambar 1. Produk Domestik Bruto (PDB) Perkapita Nominal dan PDB Perkapita Riil dan Emisi Co2 Perkapita Tahun 1967-2013



Sumber: Wordbank, data diolah

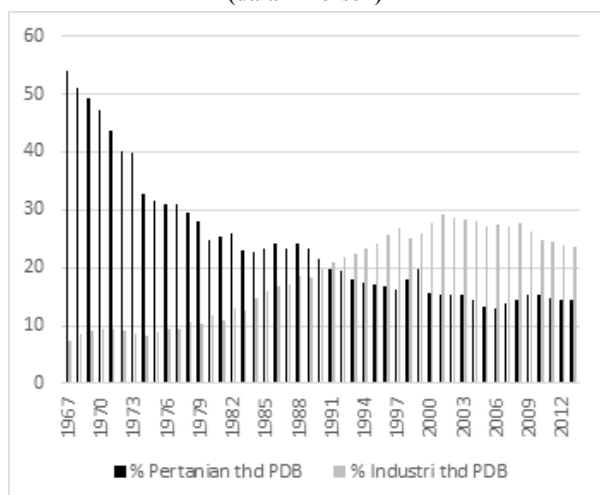
Tabel 2. Hasil pengujian stasioneritas variabel pada level

Variabel	Probabilitas	Keputusan
(1)	(2)	(3)
Ln E _t	0,3113	Gagal Tolak Ho (Tidak Stasioner di level)
Ln Y _t	0,0432	Tolak Ho (Stasioner di level)
Ln Y ² _t	0,4944	Gagal Tolak Ho (Tidak Stasioner di level)
Ln Y ³ _t	0,7407	Gagal Tolak Ho (Tidak Stasioner di level)
Ind	0,9988	Gagal Tolak Ho (Tidak Stasioner di level)
TR	0,0671	Tolak Ho (Stasioner di level)

Sumber : Hasil pengolahan (lampiran...)

Pembangunan ekonomi di Indonesia juga diikuti dengan pergeseran struktur ekonomi dari struktur ekonomi yang bertumpu pada sektor agraris menjadi bertumpu disektor industri (industrialisasi). Lahan pertanian yang dulunya berisi tanaman dan pepohonan telah banyak berubah menjadi pabrik-pabrik. Industrilisasi turut menjadi penyebab terjadi pencemaran lingkungan. Perubahan struktur ekonomi di Indonesia terlihat pada gambar diatas. Sejak tahun 1967 sektor pertanian menjadi sector yang memberikan kontribusi paling besar pada perekonomian Indonesia, 53, 94 persen perekonomian berasal dari sector pertanian dan hanya 7,31 persen kontribusi sector industri. Kemudian kontribusi sector pertanian dalam perkembangannya mengalami penurunan, hal terbalik terjadi pada sector industri yang kontribusinya semakin besar bagi perekonomian Indonesia. Sehingga pada tahun 1991, kontribusi sector industri lebih besar disbanding kontribusi sector pertanian. Tahun 2013 kontribusi sector industri sebesar 23,93 persen dan sector pertanian hanya sebesar 14,42 persen.

Gambar 2 Persentase Kontribusi Sektor pertanian dan Sektor Industri Terhadap PDB di Indonesia Tahun 1967 – 2013 (dalam Persen)



Sumber: Wordbank, data diolah

Keseimbangan Jangka Panjang (Long-Run Equilibrium)

Tehnik analisis ini digunakan untuk melihat hubungan jangka panjang dan jangka pendek antara Emisi CO₂ dengan beberapa variabel independenseperti pendapatan perkapita riil, industrialisasi dan keterbukaan ekonomi adalah ECM. Salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam ECM adalah stasioneritas data. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk melakukan pengujian stasioneritas data adalah uji akar unit *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) yaitu melakukan pengujian pada persamaan regresi (11) dengan hipotesis nol yang digunakan adalah variabel yang diamati memiliki akar unit atau tidak stasioner.

Berdasarkan table 2, hasil pengujian stasioneritas memberikan kesimpulan beberapa variabel tidak stasioner di level yaitu variabel Ln E_t, Ln Y²_t, Ln Y³_t dan Ind. Sedangkan variabel Ln Y_t dan TR stasioner di level. Langkah selanjutnya adalah memeriksa stasioneritas pada *difference* pertama

Berdasarkan table 3, hasil pengujian stasioneritas memberikan keputusan Ho ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan tingkat signifikansi 5 persen, seluruh variabel tidak memiliki akar unit atau dengan kata lain seluruh variabel Stasioner pada *difference* pertama.

Berdasarkan hasil pengujian stasioneritas beberapa variabel tidak stasioner pada level tetapi semu variabel stasioner pada *difference* pertama atau semua variabel terintegrasi. Estimasi persamaan jangka panjang adalah sebagai berikut:

$$\text{Ln } E_t = -1.62 + 0.20 \text{ Ln } Y_t^* - 0.05 \text{ Ln } Y_t^{2*} + 0.00 \text{ Ln } Y_t^{3*} + 0.05 \text{ IND}^* \tag{12}$$

Kemudian kita lakukan pengujian kointegrasi pada persamaan jangka panjang dengan cara menguji stasioneritas residual. Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan

Tabel 3. Hasil pengujian stasioneritas variabel pada *difference* pertama

Variabel	Probabilitas	Keputusan
(1)	(2)	(3)
Ln E _t	0,0000	Tolak Ho (Stasioner di <i>difference</i> pertama)
Ln Y _t	0,0000	Tolak Ho (Stasioner di <i>difference</i> pertama)
Ln Y _t ²	0,0000	Tolak Ho (Stasioner di <i>difference</i> pertama)
Ln Y _t ³	0,0000	Tolak Ho (Stasioner di <i>difference</i> pertama)
Ind	0,0000	Tolak Ho (Stasioner di <i>difference</i> pertama)
TR	0,0000	Tolak Ho (Stasioner di <i>difference</i> pertama)

Sumber : Hasil pengolahan (lampiran...)

Tabel 4. Hasil Estimasi Persamaan Jangka Panjang

Variabel	Koefisien	t-statistik	Prob.
(1)	(2)	(3)	(4)
C	-1,62	-21.26925	0.0000
Ln Y	0,20	3.558124	0.0009
Ln Y ²	-0,05	-1.879660	0.0671
Ln Y ³	0,00	2.330385	0.0247
IND	0,05	11.21776	0.0000
R ²	0.937837	F-statistic	158.4120
R ² _{adj}	0.931917	Prob(F-statistic)	0.000000

Sumber: Hasil pengolahan

Augmented Dickey-Fuller (lampiran 4) diperoleh keputusan tolak Ho dengan nilai nilai probabilitas 0,0040 yang lebih kecil dibandingkan alfa (α) sebesar 0,05 artinya dengan signifikansi 5 persen dapat disimpulkan bahwa residual tidak memiliki akar unit atau residual stasioner. Artinya terjadi kointegrasi pada persamaan jangka panjang.

Dengan memperhatikan persamaan jangka panjang dan kointegrasi dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan pendapatan perkapita, dan industrialisasi signifikan memiliki hubungan yang positif dengan pertumbuhan emisi CO₂. Penelitian ini membuktikan secara empiris bahwa dalam jangka panjang perekonomian yang dilihat dari peningkatan pendapatan perkapita dan industrialisasi ternyata memberikan dampak terhadap peningkatan emisi CO₂ (penurunan kualitas lingkungan).

Secara uji keseluruhan koefisien regresi (*overall F-test*), dari hasil penghitungan nilai Fhitung adalah sebesar 158,4120 dengan probabilitas 0,0000. Nilai probabilitas F lebih kecil dari alfa (α) sebesar 0,05 artinya dengan signifikansi 5 persen dapat disimpulkan bahwa minimal ada satu variabel independen yang berpengaruh signifikan

secara statistik terhadap emisi CO₂ dengan koefisien determinasi (R²_{adj}) sebesar 0,9319 artinya bahwa keragaman emisi CO₂ dapat dijelaskan oleh variabel independennya (pendapatan perkapita riil dan industrialisasi). Sedangkan jika di uji secara parsial semua variabel independen secara parsial mempunyai pengaruh terhadap variabel dependen (table 4)

Adapun interpretasi persamaan jangka panjang adalah sebagai berikut:

- Pendapatan perkapita riil mempunyai pengaruh yang signifikan dengan tingkat signifikansi 10 persen baik secara linier, kuadrat, maupun kubik. Koefisien regresi secara linier sebesar 0,20 artinya peningkatan 1 persen pendapatan perkapita riil akan menyebabkan meningkatnya emisi CO₂ sebesar 0,2 persen. Sedangkan koefisien regresi secara kuadrat yang bertanda negatif (-0,05) bermakna pada pendapatan perkapita riil tertentu akan terjadi penurunan emisi CO₂ (perbaikan lingkungan) dan nilai koefisien regresi kubik sebesar 0,00. Dalam persamaan jangka panjang terlihat $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ dan $\beta_3 = 0$ perekonomian di Indonesia pada periode 1967-2013 mengikuti EKC seperti penelitian yang dilakukan oleh Panatayotou (2003).

Tabel 5. Hasil Estimasi Persamaan Jangka Pendek

Variabel	Koefisien	t-statistik	Prob.
(1)	(2)	(3)	(4)
C	0,02	1.764072	0.0854
Ln Y	0,07	1.574015	0.1234
Ln Y ²	-0,02	-1.538646	0.1318
Ln Y ³	0,00	2.007937	0.0514
IND	0,03	2.353424	0.0236
U(-1)	-0,16	-1.971652	0.0556
R ²	0.937837	F-statistic	158.4120
R ² _{adj}	0.931917	Prob(F-statistic)	0.000000

Sumber: Hasil pengolahan

- Industrialisasi mempunyai pengaruh yang signifikan dengan tingkat signifikansi 10 persen. Koefisien regresi sebesar 0,05 artinya peningkatan struktur industri dalam perekonomian sebesar 1 persen akan menyebabkan meningkatnya emisi CO₂ sebesar 0,05 persen

Keseimbangan Jangka Pendek (*Short-Run Equilibrium*)

Kemudian perlu kita melihat bagaimana hubungan jangka pendek, persamaan ECM akan melihat bagaimana pola ketidakseimbangan jangka pendek mencapai keseimbangan jangka panjang. Persamaan ECM diestimasi dengan memasukan lag pertama variabel *error term* yang terdapat dalam persamaan jangka panjang dan dinotasikan dengan u_t . Hasil estimasi dari persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\ln Et = 0,02 + 0,07 \ln Y_t^* - 0,02 \ln Y_t^{2*} + 0,00 \ln Y_t^{3*} + 0,03 \text{IND}^* - 0,16 U_{t-1} \quad (13)$$

Untuk melihat hubungan jangka pendek, selanjutnya dilakukan uji baik secara keseluruhan maupun secara parsial. Secara uji keseluruhan koefisien regresi (*overall F-test*), dari hasil penghitungan nilai Fhitung adalah sebesar 4,656 dengan probabilita 0,0019. Nilai probabilita F lebih kecil dari alfa (α) sebesar 0,05 artinya dengan signifikansi 5 persen dapat disimpulkan bahwa minimal ada satu variabel independen yang berpengaruh signifikan secara statistik terhadap emisi CO₂. Sedangkan jika di uji secara parsial variable, pendapatan perkapita secara kubik, struktur industri dan *speed of adjustment* yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Koefisien u_{t-1} yang terdapat dalam persamaan jangka pendek menunjukkan nilai negatif dan signifikan sebesar -0,16 persen menunjukkan

bahwa ketidakseimbangan tahun sebelumnya akan terkoreksi pada tahun sekarang sebesar 16 persen. (table 5)

Adapun intepretasi dari persamaan jangka pendek adalah sebagai berikut:

- Koefesien regresi secara linier sebesar 0,20; koefisien regresi secara kuadratik bertanda negatif (-0,02) dan koefisien regresi kubik sebesar 0,00. Dalam persamaan jangka pendek ini terlihat $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ dan $\beta_3 = 0$ mengikuti EKC namun hanya koefisien kubik (β_3) yang berpengaruh signifikan. Artinya dalam jangka pendek pendapatan perkapita tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan emisi CO₂.

- Industrialisasi dalam jangka pendek ternyata mempunyai pengaruh yang signifikan dengan tingkat signifikansi 5 persen. Koefisien regresi sebesar 0,03 artinya peningkatan struktur industri (industrialisasi) dalam perekonomian sebesar 1 persen akan menyebabkan meningkatnya emisi CO₂ sebesar 0,03 persen.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI KEBIJAKAN

Simpulan

Pembangunan ekonomi di Indonesia berhasil meningkatkan pendapatan masyarakat menjadi lebih baik. Pembangunan ekonomi juga menyebabkan perubahan struktur ekonomi dari perekonomian agraris ke Industri. Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan pendapatan masyarakat ternyata diikuti dengan masalah yang cukup serius yaitu penurunan kualitas lingkungan, terlihat dengan meningkatnya emisi CO₂. Proses industrialisasi ternyata juga mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan emisi CO₂.

Selain itu penelitian ini juga menyimpulkan bahwa pada suatu tingkat pendapatan tertentu terjadi proses perbaikan lingkungan yang ditandai dengan penurunan emisi CO₂.

Rekomendasi Kebijakan

Peran sektor industri yang semakin menguat harus disertai dengan berbagai kebijakan pembangunan yang berorientasi pembangunan lingkungan antara lain adanya konsesus bersama antara pemerintah dan pelaku usaha (industri) dalam mengurangi dampak pencemaran seperti mengganti energi fosil dengan sumber energi bersih dan terbarukan, adanya pengaturan oleh pemerintah mengenai *Corporate Social Responsibility* oleh perusahaan dalam wujud perbaikan lingkungan, adanya pengaturan mengenai alih guna lahan pertanian sehingga alih guna lahan tidak merusak lingkungan. Selain pelaku usaha, hendaknya ada himbuan dari pemerintah kepada masyarakat dalam membantu mengurangi kerusakan lingkungan hidup seperti perilaku hemat energi dan konsumsi energi yang lebih ramah lingkungan, penanaman pohon di sekitar rumah.

REFERENSI

Ang, J. (2007). CO₂ emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*, 35 (10), 4772-4778. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2007.03.032>

Gujarati, D. (2003). *Basic Econometrics*, Fourth Edition. New York: MCGraw-Hill.

Iwata, H., Okada, K., & Samreth, S. (2010). Empirical study on environmental Kuznets curve for CO₂ in France: the role of nuclear energy. *Energy Policy*, 38, 4057-4063. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.031>

Mota, R. (2006) Determinants of CO₂ emissions in open economies: testing the *Environmental Kuznets Curve* hypothesis (1970-2000). 10 Maret 2017. <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/13342/>

Nachrowi. (2006). *Pendekatan Populer dan Praktis EKONOMTERIKA* untuk analisis Ekonomi dan Keuangan. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi

Rosadi, D (2012). *Ekonometrika dan Analisis Runtun waktu Terapan dengan Eviews*.

Stern, D., 2004. The rise and fall of the *Environmental Kuznets Curve*. *World Development*. 10 Maret 2016. www.steadystate.org/wp-content/.../Stern_KuznetsCurve.pdf

Todaro, M.(2006). *Pembangunan Ekonomi*, Edisi Kesembilan. Jakarta: Airlangga.

UnitedNation.(2016). *The Sustainable Development Goals Report 2016*. 7 maret 2017 <https://sustainabledevelopment.un.org/>

Wordbank. (2017). Data worldbank. 7 Maret 2017 <https://data.worldbank.org/>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian Stasioneritas

Variabel Emisi CO₂

Data Level

Null Hypothesis: LE has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.940782	0.3113
Test critical values:		
1% level	-3.581152	
5% level	-2.926622	
10% level	-2.601424	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Data *Difference pertama*

Null Hypothesis: D(LE) has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.986569	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.588509	
5% level	-2.929734	
10% level	-2.603064	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Variabel Pendapatan Perkapita Riil

Data Level

Null Hypothesis: LY has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.990563	0.0432
Test critical values:		
1% level	-3.581152	
5% level	-2.926622	
10% level	-2.601424	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: LY2 has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.560352	0.4944
Test critical values:		
1% level	-3.581152	
5% level	-2.926622	
10% level	-2.601424	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: LY3 has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.013710	0.7407
Test critical values:		
1% level	-3.581152	
5% level	-2.926622	
10% level	-2.601424	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Data *Difference* pertama

Null Hypothesis: D(LY2) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-8.905027	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.584743	
5% level	-2.928142	
10% level	-2.602225	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: D(LY3) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-8.416444	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.584743	
5% level	-2.928142	
10% level	-2.602225	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

fi

Variabel Pendapatan Perkapita Riil
Data Level

Null Hypothesis: IND has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	0.446923	0.9988
Test critical values:		
1% level	-4.170583	
5% level	-3.510740	
10% level	-3.185512	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Data *Diference Pertama*

Null Hypothesis: D(IND) has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.320179	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.175640	
5% level	-3.513075	
10% level	-3.186854	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Lampiran 2. Persamaan jangka panjang

Dependent Variabel: LE
Method: Least Squares
Date: 03/13/17 Time: 11:35
Sample: 1967 2013
Included observations: 47

Variabel	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.621592	0.076241	-21.26925	0.0000
LY	0.205400	0.057727	3.558124	0.0009
LY2	-0.045579	0.024249	-1.879660	0.0671
LY3	0.006086	0.002612	2.330385	0.0247
IND	0.051505	0.004591	11.21776	0.0000
R-squared	0.937837	Mean dependent var		-0.162457
Adjusted R-squared	0.931917	S.D. dependent var		0.611895
S.E. of regression	0.159660	Akaike info criterion		-0.731254
Sum squared resid	1.070634	Schwarz criterion		-0.534430
Log likelihood	22.18446	Hannan-Quinn criter.		-0.657187
F-statistic	158.4120	Durbin-Watson stat		0.681877
Prob(F-statistic)	0.000000			

Lampiran 3: Persamaan Jangka Pendek

Dependent Variabel: D(LE)
 Method: Least Squares
 Date: 03/13/17 Time: 11:48
 Sample (adjusted): 1968 2013
 Included observations: 46 after adjustments

Variabel	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.023228	0.013167	1.764072	0.0854
D(LY)	0.070376	0.044711	1.574015	0.1234
D(LY2)	-0.022334	0.014516	-1.538646	0.1318
D(LY3)	0.003228	0.001607	2.007937	0.0514
D(IND)	0.031725	0.013481	2.353424	0.0236
U(-1)	-0.167587	0.084998	-1.971652	0.0556
R-squared	0.367880	Mean dependent var		0.045811
Adjusted R-squared	0.288865	S.D. dependent var		0.095893
S.E. of regression	0.080865	Akaike info criterion		-2.070953
Sum squared resid	0.261569	Schwarz criterion		-1.832435
Log likelihood	53.63193	Hannan-Quinn criter.		-1.981603
F-statistic	4.655820	Durbin-Watson stat		1.632435
Prob(F-statistic)	0.001923			

Lampiran 4: Uji kointegrasi

Null Hypothesis: U has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.915002	0.0040
Test critical values:		
1% level	-3.581152	
5% level	-2.926622	
10% level	-2.601424	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.