

**PENGARUH PRODUK DOMESTIK BRUTO PER
KAPITA TERHADAP EMISI KARBON DIOKSIDA DI
INDONESIA PADA PERIODE 1961-2011**

JURNAL ILMIAH

Disusun oleh :

**Muchammad Arief A.
125020100111016**



**JURUSAN ILMU EKONOMI
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

LEMBAR PENGESAHAN PENULISAN ARTIKEL JURNAL

Artikel Jurnal dengan judul :

**PENGARUH PRODUK DOMESTIK BRUTO PER KAPITA TERHADAP
EMISI KARBON DIOKSIDA DI INDONESIA PADA PERIODE 1961-2011**

Yang disusun oleh :

Nama : Muchammad Arief A.

NIM : 125020100111016

Fakultas : Ekonomi dan Bisnis

Jurusan : S1 Ilmu Ekonomi

Bahwa artikel Jurnal tersebut dibuat sebagai *persyaratan ujian skripsi* yang dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 11 Februari 2016

Malang, 11 Februari 2016

Dosen Pembimbing,



Dr. Sri Muljaningsih, SE., MSP.

NIP. 19610411 198601 2 001

PENGARUH PRODUK DOMESTIK BRUTO PER KAPITA TERHADAP EMISI KARBON DIOKSIDA DI INDONESIA PADA PERIODE 1961-2011

Muchammad Arief A, Sri Muljaningsih

Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Brawijaya

Email: arief.ariyadi@gmail.com

ABSTRAK

Perekonomian Indonesia yang bertumbuh pesat akan menimbulkan eksternalitas positif maupun negatif. Salah satu eksternalitas yang timbul adalah degradasi lingkungan dengan meningkatnya jumlah emisi karbon dioksida di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita terhadap emisi karbon dioksida di Indonesia pada periode 1961-2011 dalam jangka pendek dan panjang. Adanya hubungan antar variabel dan tanda koefisien yang bentuk kurva U terbalik menjadi hipotesis dalam penelitian ini. Maka dari itu menggunakan Autoregressive Distributed Lag Model (ARDL) sebagai alat analisis. Penelitian ini membuktikan adanya hubungan antara PDB per kapita terhadap emisi karbon dioksida dalam jangka pendek, terutama pada tahun kedua dan jangka panjang. Kurva hasil estimasi penelitian ini menghasilkan bentuk N dengan dua turning point ketika PDB per kapita mencapai US\$631 (1984-1985) dan US\$ 1407 (2008-2009). Meskipun begitu, secara keseluruhan kurva menunjukkan monotonically increasing dikarenakan Indonesia masih dalam fase Negara berkembang dalam Environmental Kuznets Curve (EKC).

Kata kunci: Produk Domestik Bruto (PDB) Per Kapita, Emisi Karbon Dioksida, Autoregressive Distributed Lag Model (ARDL)

A.PENDAHULUAN

Saat ini Indonesia menempati peringkat 16 perekonomian terbesar di dunia, bahkan menjadi yang terbaik di Asia Tenggara. Dengan pertumbuhan penduduk mencapai 237 juta jiwa pada 2010, meningkat hingga dua kali lipat dari tahun 1971 yang berjumlah 119 juta jiwa. 53 persen populasi berkontribusi 74 persen pada produk domestik bruto Indonesia. Potensi pangsa pasar Negara Kepulauan ini sekitar 0.5 trilyun Dollar AS (McKinsey Global Institute, 2012). Pada setiap pemerintahan sebuah Negara, pertumbuhan ekonomi yang tinggi dan stabil selalu menjadi prioritas utama dalam tujuan pembangunan ekonomi. Maka dari itu, seluruh kebijakan yang disusun dan dilaksanakan mulai dari eksploitasi sumber daya alam hingga investasi asing diharapkan akan meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan pendapatan per kapita masyarakat sebagai indikator kesejahteraan masyarakat. Orientasi pertumbuhan ekonomi telah memacu permintaan terhadap sumber daya alam yang semakin besar. Metode produksi yang tidak memungkinkan adanya substitusi *input (Business as Usual)* tersebut berdampak terhadap eksploitasi sumber daya tersebut sehingga ketersediaannya semakin menipis. Terdapat empat komponen dalam PDB, yaitu konsumsi, investasi, pengeluaran pemerintah dan keterbukaan ekonomi yang dilambangkan dengan ekspor dan impor. Setiap komponen PDB memiliki transmisi masing-masing yang kemungkinan dapat merusak lingkungan.

Berdasarkan pandangan Kuznets kerusakan lingkungan yang parah akan rawan terjadi di negara-negara berkembang. Hal ini terjadi karena pada fase awal pertumbuhan industrialisasi hanya berfokus pada bagaimana ekonomi berkembang pesat dan banyak menyerap tenaga kerja. Isu lingkungan belum menjadi agenda utama dan pemerintah belum banyak terlibat dalam upaya perbaikan sistem pasar. Eksternalitas negatif yang muncul yaitu degradasi lingkungan dengan berbagai indikator, yaitu meningkatnya emisi gas karbon dioksida (CO₂), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen oksida (NO), ozon (O₃), dan materi partikulat (debu). Perkembangan Negara penghasil emisi juga mengalami perubahan. Bila pada tahun 1990-an dua pertiga dari emisi CO₂ berasal dari Negara maju, hal sebaliknya terjadi pada tahun 2000-an emisi karbon dioksida justru dihasilkan Negara berkebang, termasuk Indonesia. Hasil penelitian terkait dengan *Environmental Kuznets Curve (EKC)* memiliki hasil yang beragam, bahkan banyak juga yang memiliki hasil yang kontradiktif terhadap kurva U terbalik. Beberapa penelitian yang mendukung hipotesis EKC dengan bentuk kurva U terbalik, seperti Borhan *et al* (2012) di ASEAN8, Al-Mulali *et al* (2015) di Amerika Latin dan Negara Karibian, dan Jalil (2009) di China. Sebaliknya, hasil yang berbeda ditemukan oleh Akpan (2011) di Nigeria dan Heshmati (2010) di China, Jepang dan Korea

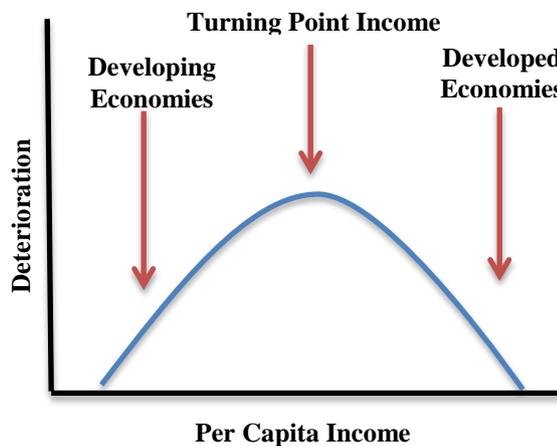
Selatan. Sehingga, penelitian ini disusun untuk melihat dampak pertumbuhan ekonomi terhadap kualitas lingkungan dengan indikator emisi karbon dioksida di Indonesia pada periode 1961-2011.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Kurva Lingkungan Kuznets (*Environmental Kuznets Curve*)

Awalnya kurva ini memperkirakan dengan menunjukkan beberapa indikator kualitas lingkungan, seperti sulfur dioksida dan partikel udara lainnya. EKC pada mulanya muncul pada pertemuan *The American Economic Association* ke-67 pada Desember tahun 1954. Pemaparan Simon Kuznets yaitu kenaikan pendapatan per kapita, selanjutnya akan menaikkan derajat ketidakadilan pendapatan. Kemudian pada titik tertentu akan berbalik dan menurun (Kuznets, 1955). Kuznets percaya bahwa distribusi pendapatan akan timpang pada awal pertumbuhan ekonomi dan akan menjadi lebih seimbang pada perkembangan pertumbuhan ekonomi pada jangka panjang. Pada 1991, Kuznets melihat hal baru. Berawal dari kurva diatas maka muncul pemikiran yang menjelaskan hubungan antara pengukuran tingkatan kualitas lingkungan dengan menggunakan indikator emisi Sulfur dioksida dan hubungannya dengan pendapatan per kapita. Hasil penelitian ini menunjukkan bentuk U terbalik dalam kurva, hal ini sama dengan kurva yang kemukakan Kuznets pada studi tentang ketimpangan pendapatan dan pendapatan per kapita. Sehingga kurva diatas dimodifikasi menjadi EKC.

Gambar 1 *Environmental Kuznets Curve*



Sumber: Yandle, Vijayaraghavan dan Bhattarai, 2002

Negara dengan pendapatan per kapita rendah dalam masa pra industrial dan fokus pada sektor pertanian diharapkan masih memiliki kondisi lingkungan yang baik. Sejalan dengan industrialisasi, kerusakan lingkungan akan meningkat karena penggunaan sumber daya alam dalam faktor produksi yang berlebihan. Inefisiensi produksi dan teknologi yang masih kotor menjadi faktor utama penyebab kerusakan lingkungan. Hal ini menjadi konsekuensi peningkatan pertumbuhan ekonomi yang diperoleh. Kelanjutan pertumbuhan ekonomi, peningkatan harapan hidup, kebutuhan air dan udara bersih menjadi sesuatu yang lebih bernilai. Sehingga masyarakat lebih memilih mengeluarkan biaya lebih besar. Pada masa *post* industrialisasi, teknologi ramah lingkungan, informasi dan regulasi tentang pentingnya menjaga lingkungan mulai bermunculan. Kepedulian masyarakat tetang hal ini membuat kondisi lingkungan menjadi lebih baik (Munasinghe, 1999). Perhitungan EKC secara sederhana menggunakan fungsi kuadrat pada tingkatan pendapatan. Regresi sederhana dilakukan dalam studi kasus deforestasi. Pembatasan dapat diaplikasikan dengan menggunakan variabel dependen logaritma. Model regresi standar EKC adalah

$$\ln(E/P)_{it} = \alpha_i + \gamma_t + \beta_1 \ln(GDP/P)_{it} + \beta_2 (\ln(GDP/P)_{it})^2 + \varepsilon_{it}$$

Dimana E adalah emisi, P adalah populasi dan ln adalah indikator dari logaritma.

Produk Domestik Bruto Per kapita

Produk Domestik Bruto (PDB) atau Gross Domestic Product (GDP) merupakan nama yang diberikan untuk total nilai pasar dari barang jadi dan jasa yang dihasilkan di dalam suatu negara selama satu tahun tertentu. Selain itu, Produk Domestik Bruto (PDB) dapat diartikan kegiatan mengukur nilai pasar dari barang dan jasa yang diproduksi oleh sumber daya yang berada dalam suatu Negara selama jangka waktu tertentu (McEachern, 2000). World Bank mendefinisikan PDB per kapita adalah PDB yang dibagi dengan jumlah populasi pertengahan. PDB per kapita yang akan menjadi salah satu variabel dalam penelitian ini. tahun yang hasilnya menggunakan unit kurs Dollar AS. PDB per kapita menjadi alat yang lebih baik untuk melihat kondisi perekonomian yang terjadi pada rata-rata penduduk, terutama standar hidup dari masyarakat suatu Negara (Mankiw, 2006).

Hubungan Sumber Daya Alam dan Pertumbuhan Ekonomi

Ada beberapa teori yang mengaitkan hubungan sumber daya alam dengan pertumbuhan ekonomi. Pada Negara berkembang, seperti Indonesia yang mengejar pertumbuhan ekonomi yang tinggi, maka semakin besar pula eksploitasi sumber daya alam yang dilakukan untuk proses produksi. Menurut Sutikno dan Maryunani (2006), semakin banyaknya sumber daya atau faktor produksi yang diperlukan maka nantinya akan mengurangi tersedianya faktor produksi. Sehingga, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Maka dari itu, dapat dikatakan hubungan positif antara kuantitas sumberdaya dengan pertumbuhan ekonomi

Degradasi Lingkungan

Berdasarkan UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, definisi kerusakan atau degradasi lingkungan adalah perubahan langsung dan/atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia dan/atau hayati lingkungan hidup yang melampaui kriteria baku kerusakan lingkungan hidup. Hal ini sejalan dengan kata polusi dan kontaminasi. Menurut Wardhana (1995), secara umum degradasi lingkungan disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor internal dimana degradasi lingkungan berasal dari dalam bumi atau alam itu sendiri, dan faktor eksternal dimana degradasi lingkungan berasal dari ulah manusia dalam rangka meningkatkan kualitas dan kenyamanan hidupnya. Berdasarkan beberapa penelitian ditemukan berbagai sumber permasalahan yang dapat dibagi menjadi empat kelompok besar, yang disebut sebagai K4 atau P4. Keempat masalah tersebut, yaitu

- a. Kemiskinan (*Poverty*)
- b. Kependudukan (*Population*)
- c. Kekotoran dan kerusakan (*Pollution*)
- d. Kebijakan (*Politics*)

Beragam dan luasnya definisi dari degradasi lingkungan, maka perlu adanya pembatasan ruang lingkup dari variabel degradasi lingkungan dalam penelitian ini. Definisi degradasi lingkungan dalam penelitian ini akan dilihat dari indikator pencemaran udara, yaitu emisi Karbon Dioksida (CO₂) dengan satuan kilo ton. Emisi merupakan nilai rata-rata suatu parameter pencemaran udara yang dikeluarkan dari sumber spesifik.

Hipotesis Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu serta variabel-variabel yang dijelaskan dalam penelitian ini, maka dalam penelitian ini dirumuskan hipotesis, yaitu pertumbuhan ekonomi yang digambarkan dengan Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita memiliki hubungan terhadap emisi karbon dioksida per kapita, dalam jangka pendek dan jangka panjang. Maka dari itu, hipotesis yang digunakan adalah hasil estimasi model akan berbentuk kurva U terbalik.

C.METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis metode penelitian kuantitatif. Menurut Sugiyono (2013) metode ini adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivistik, metode ini digunakan untuk meneliti populasi dan sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif atau statistik, dengan tujuan untuk menguji

hipotesis yang telah ditetapkan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat hubungan jangka pendek dan melihat indikasi adanya hubungan jangka panjang dari pertumbuhan ekonomi Indonesia dengan kualitas lingkungan Indonesia. Data yang digunakan adalah data *time series* tahunan mulai tahun 1961 sampai dengan 2011. Sehingga dapat dikatakan penelitian ini menguji data dalam kurun waktu 50 tahun.

Emisi karbon dioksida adalah emisi (pembuangan) yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dan pembuatan semen. Emisi ini termasuk karbon dioksida yang dihasilkan selama konsumsi dalam bentuk padat, cair, dan bahan bakar gas, serta pembakaran gas. Dalam penelitian ini emisi Karbon Dioksida (CO₂) per kapita diperoleh dari membagi emisi karbon dioksida (kiloton) dengan populasi tengah tahun Indonesia. Satuan dalam variabel ini menggunakan metrik ton per kapita. Data yang digunakan dalam rentang waktu 1961 hingga 2011. Data emisi karbon dioksida per kapita ini bersumber dari *Carbon Dioxide Information Analysis Center, Environmental Sciences Division*, di Amerika Serikat. Namun telah dikompilasi secara runtut waktu dalam *World Development Indicators* oleh *World Bank*. Data Produk Domestik Bruto (PDB) Per Kapita dalam penelitian ini menggunakan mata uang Dollar AS dengan tahun konstan 2005. Data ini bersumber dari *World Bank national accounts data, and data OECD National Accounts*, kemudian dikompilasi dalam *World Development Indicators* oleh *World Bank*. Dengan adanya penambahan variabel pendapatan per kapita kubik digunakan untuk memastikan hasil kurva yang terbentuk dari hasil estimasi. Hal ini juga sesuai dengan Akpan dan dan Chuku (2011) dan Ahmed dan Long (2012) dalam penelitian terdahulu.

$$E = \alpha_0 + \alpha_1 Y_t + \alpha_2 (Y_t)^2 + \alpha_3 (Y_t)^3 + \varepsilon_t$$

Dimana E adalah emisi karbon dioksida (CO₂) per capita, Y menggambarkan PDB per kapita, Y² adalah PDB per kapita kuadrat, Y³ adalah PDB per kapita *cube* dan ε adalah standar error.

Metode Analisis

Dalam pembuktian hipotesis maka penelitian ini menggunakan menggunakan analisis *Autoregressive Distributed Lag Model* (ARDL) yang memiliki beberapa tahapan analisis, yaitu pertama pengujian stasioneritas. Uji ini diperlukan untuk menguji stasioneritas terhadap ragam yaitu menggunakan suatu metode tertentu. Prosedur ini harus dilakukan dalam estimasi model ekonomi dengan data *time series* (runtut waktu) sehingga bisa juga disebut *Stasionery Stochastic Process*. Kedua, pengujian kointegrasi antar variabel dapat dikatakan berkointegrasi bila kedua variabel yang sedang diuji memiliki hubungan jangka panjang atau keseimbangan antara keduanya (Gujarati, 2009). Pengujian ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Johansen*. Ketiga, penentuan lag untuk setiap variabel dapat dilakukan dengan berdasarkan *Schawrtz-Bayesian Criteria* (SBC) atau *Akaike Information Criteria* (AIC). Keempat, *Autoregressive Distributed Lag Model* (ARDL) adalah model regresi yang memasukkan nilai variabel yang menjelaskan baik nilai masa kini atau nilai masa lalu (lag) dari variabel bebas sebagai tambahan pada model yang memasukkan nilai lag dari variabel tak bebas sebagai salah satu variabel penjelas (Gujarati, 2009). Dengan penambahan ECM digunakan untuk mengetahui variabel bebas terhadap variabel terikat dalam jangka pendek dan penyesuaian (*speed of adjustment*) untuk kembali ke keseimbangan jangka panjang.

Model ARDL berguna dalam ekonometrik empiris, karena membuat teori ekonomi yang bersifat statis menjadi dinamis dengan memperhitungkan peranan waktu secara eksplisit. Model ini dapat membedakan respon jangka pendek dan jangka panjang dari variabel tak bebas terhadap satu unit perubahan dalam nilai variabel penjelas (Gujarati, 2009). Penggunaan ARDL dilatar belakangi oleh adanya variabel bebas maupun variabel terikatnya yang mengandung akar unit. Selain itu, sampel 50 tahun termasuk kecil, integrasi model yang mudah dan penurunan ECM yang sederhana menjadi alasan penggunaan ARDL. Dalam estimasi model untuk melihat hubungan jangka pendek maka dapat dilakukan dengan menambahkan ECM (*Error Corection Model*) pada model diatas.

$$\Delta E_t = \alpha_0 + \sum_{k=1}^n \alpha_{1k} \Delta E_{t-k} + \sum_{k=1}^n \alpha_{2k} \Delta Y_{t-k} + \sum_{k=1}^n \alpha_{3k} \Delta (Y_{t-k})^2 + \sum_{k=1}^n \alpha_{4k} \Delta (Y_{t-k})^3 + \delta_1 E_{t-1} + \delta_2 Y_{t-1} + \delta_3 Y_{t-1}^2 + \delta_4 Y_{t-1}^3 + \beta \text{ect}_{t-1} + \varepsilon_t$$

Pengujian kelima adalah *Cumulative Sum* (CUSUM). Menurut Pesaran *et al* (1999) menyarankan sebuah model harus diuji kestabilannya dalam mengestimasi koefisien menggunakan *CUSUM Test*.

D.HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Stasioneritas

Data diuji kembali pada derajat *first difference* I(1) karena data memiliki akar unit pada derajat level. Data yang tidak stasioner pada derajat yang sama akan menyebabkan timbulnya regresi langung yang tidak akan mencerminkan hubungan antar variabel yang sebenarnya

Tabel 1 Hasil Uji Stasioneritas pada *first difference*

Var.	ADF t-statistic	Prob.	Critical Value		
			1%	5%	10%
<i>First Difference I(1)</i>					
E	-6,789225*	0,0000*	-3,571310	-2,922449	-2,599224
Y	-4,685621*	0,0004*	-3,571310	-2,922449	-2,599224
Y2	-4,151753*	0,0019*	-3,571310	-2,922449	-2,599224
Y3	-3,474942*	0,0129*	-3,571310	-2,922449	-2,599224

Sumber: Data diolah, Eviews 9

Pada tabel 1 di atas ini menunjukkan seluruh variabel yang digunakan dalam penelitian ini telah stasioner pada derajat *first difference*. Nilai *ADF t-statistic* dari PDB per kapita (Y), PDB per kapita kuadrat (Y2) dan PDB per kapita kubik (Y3) secara berurutan, yaitu -6,789225, -4,685621, -4,151753 dan -3,474942. Seluruh nilai *ADF t-statistic* lebih besar dari nilai kritis 10% (-2,599224), sehingga dapat dikatakan H_0 ditolak dan H_a dapat diterima. Dengan adanya hasil diatas, maka tidak diperlukan proses pengujian lebih lanjut pada derajat *second difference*.

Pengujian Kointegrasi

Hasil yang terlihat pada tabel 2 di bawah ini model penelitian ini memiliki nilai *trace statistic* sebesar 64,23354. Nilai *trace statistic* tersebut lebih besar dari *critical value* 5% sebesar 47,85613. Selain itu, kointegrasi variabel dalam jangka panjang juga dapat dilihat dari nilai *Max-Eigen* sebesar 44,87471 lebih besar dari *critical value* 5% sebesar 27,58434.

Tabel 2 Hasil Pengujian Kointegrasi

<i>Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)</i>		
<i>Trace Statistic</i>	<i>0.05 Critical Value</i>	<i>Probabilitas</i>
64.23354	47.85613	0.0005
<i>Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)</i>		
<i>Max-Eigen Statistic</i>	<i>0.05 Critical Value</i>	<i>Probabilitas</i>
44.87471	27.58434	0.0001

Sumber: Data diolah, Eviews 9

Maka dapat dikatakan terdapat kointegrasi antara PDB per kapita dengan emisi karbon dioksida per kapita dalam jangka panjang.

Penentuan Lag Optimal

Berikut pada tabel 3 di bawah ini hasil dari estimasi untuk penentuan lag optimal pada model jangka pendek.

Tabel 3 Penentuan Lag Optimal

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-1735.749	NA	4.47e+28	77.32219	77.48279	77.38206
1	-1395.862	604.2442	2.52e+22	62.92720	63.73016*	63.22654*
2	-1376.530	30.93183*	2.21e+22*	62.77909*	64.22442	63.31790
3	-1362.552	19.87984	2.53e+22	62.86896	64.95666	63.64723
4	-1351.693	13.51316	3.48e+22	63.09746	65.82753	64.11520
5	-1336.568	16.13308	4.23e+22	63.13636	66.50879	64.39357
6	-1328.493	7.178150	7.74e+22	63.48856	67.50337	64.98524

Sumber: Data diolah, Eviews 9

Dari tabel 3 diatas terlihat bahwa tanda bintang (*) berada pada lag pertama dengan indikator *Schwarz information criterion* (SC) dan *Hannan-Quinn information criterion* (HQ). Selain itu juga terlihat tanda bintang pada lag kedua dengan indikator *sequential modified LR test statistic* (LR), *Final prediction error* (FPE), dan *Akaike information criterion* (AIC). Akan tetapi, tanda bintang terbanyak berada pada lag kedua. Maka dapat disimpulkan bahwa lag optimal berada pada lag kedua.

Model Jangka Pendek dan Panjang

Tabel 4 di bawah ini menunjukkan hasil estimasi ARDL dalam jangka pendek.

Tabel 4 Hasil Estimasi Jangka Pendek

Variabel Dependen ΔE		
Regressor	Koefisien	Prob.
C	0.049104	0.0214
$\Delta(E(-2))$	-0.212057	0.4733
$\Delta(Y(-1))$	-0.009321	0.1139
$\Delta(Y(-2))$	0.013216	0.0215*
$\Delta(Y2(-1))$	1.53E-05	0.0505*
$\Delta(Y2(-2))$	-2.21E-05	0.0059*
$\Delta(Y3(-1))$	-6.38E-09	0.0417*
$\Delta(Y3(-2))$	9.51E-09	0.0041*
ECT(-1)	-0.499920	0.0145*

Sumber: Data diolah, Eviews 9

Keterangan: * signifikan pada tingkat 5%

Dengan hasil estimasi model jangka pendek diatas memiliki nilai *R-squared* sebesar 0,38. Hal ini berarti variabel independen telah dapat menjelaskan variabel dependen sebesar 38% dan sisanya dijelaskan variabel lain diluar model. Dalam analisis jangka pendek ini, secara keseluruhan variabel independen berpengaruh secara signifikan terhadap emisi karbon dioksida per kapita. Hal ini dibuktikan dengan probabilitas *F-statistic* memiliki nilai 0,012180 lebih kecil dari tingkat signifikansi 5%. Secara parsial terlihat variabel PDB per kapita (Y) pada tahun kedua dan signifikan. Selain itu, juga berhubungan positif terhadap emisi karbon dioksida per kapita. Bila PDB per kapiata naik 1 unit, maka emisi karbon dioksida per kapita juga meningkat sebesar 0,013216 unit pada tahun kedua (*ceteris paribus*). Nilai ECT mengindikasikan adanya koreksi 49% ketidakseimbangan dalam emisi karbon dioksida per kapita di tahun sebelumnya akan kembali kepada keseimbangan jangka panjang pada tahun saat itu

Secara matematis persamaan jangka panjang dari hasil estimasi ARDL ini sebagai berikut:

$$E = - 0,408341 + 0,002904 Y - 0,0000023 Y2 + 0,00000000959 Y3$$

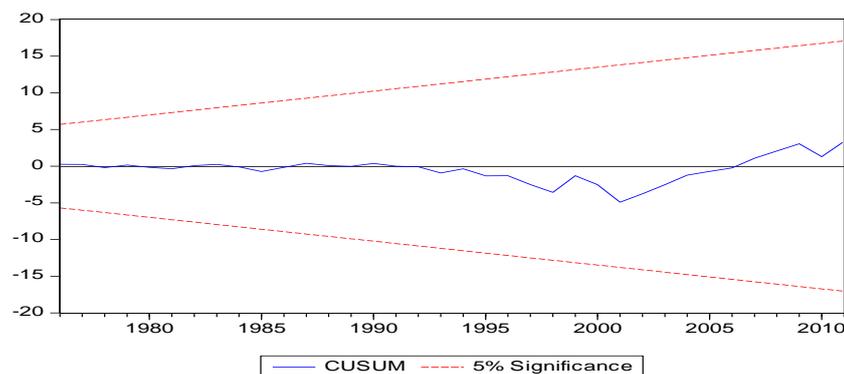
Pada hasil estimasi model diatas diketahui model jangka panjang yang dibentuk memiliki *R-squared* sebesar 0,97 dan nilai *Adjusted R-squared* sebesar 0,96. Hal ini berarti seluruh variabel independen dapat menjelaskan variabel dependen sebesar 97% dalam jangka panjang dan sisanya dijelaskan oleh variabel diluar model. Secara keseluruhan atau simultan variabel independen berpengaruh terhadap variabel emisi karbon dioksida per kapita. Hal ini dibuktikan dengan nilai probabilitas (*F-statistic*) 0,000000 yang berarti signifikan dibawah tingkat signifikansi 5%. Nilai

konstanta yang bertanda negatif mengindikasikan bila pendapatan per kapita bernilai nol, maka emisi karbon dioksida per kapita akan berkurang sebesar 0,408341. Bila dilihat secara individu variabel atau parsial variabel Y atau PDB per kapita memiliki nilai probabilitas yang signifikan sebesar 0,0000 yang lebih kecil dari tingkat kesalahan 5%. Begitu pula dengan variabel Y2 atau PDB per kapita kuadrat juga signifikan dengan nilai probabilitas sebesar 0,0033 dan variabel Y3 atau PDB per kapita kubik signifikan dengan nilai probabilitas 0,0013. Hal ini dikarenakan nilai probabilitas keduanya lebih kecil dari nilai tingkat signifikansi. Variabel PDB per kapita (Y) memiliki koefisien 0.002904 yang memiliki hubungan positif dengan emisi karbon dioksida per kapita (E) (*ceteris paribus*). Hal yang berbeda terlihat pada variabel PDB per kapita kuadrat (Y2) yang memiliki hasil negatif dengan nilai koefisien $-2.30E-06$ (*ceteris paribus*). Variabel PDB per kapita kubik (Y3) dengan nilai koefisien $9.59E-10$ juga memiliki hubungan yang positif dengan emisi karbon dioksida per kapita (*ceteris paribus*).

Dari hasil diagnosa model jangka pendek dan panjang di atas telah lolos dari dari asumsi klasik *serial correlation*, *heteroskedasticity* dan *autoregressive conditional heteroskedasticity*. Meskipun dalam model jangka pendek dan panjang di atas tidak lolos pada pengujian normalitas (Lampiran 4.13-4.20). Hal ini dikarenakan dalam PDB per kapita terdapat data ekstrim. Akan tetapi, asumsi normalitas dalam penggunaan data PDB tidak terlalu serius dalam mempengaruhi kesimpulan penelitian (Johansen, 1995). Maka dari itu, model dalam penelitian ini, baik jangka pendek dan panjang masih dapat diterima.

Uji Cumulative Sum

Gambar 2 Uji Cumulative Sum



Sumber: Data diolah, Eviews 9

Pada tahap akhir estimasi model ARDL maka dibutuhkan uji untuk melihat kestabilan model yang dibangun. Terlihat dalam grafik terdapat dua *critical bounds* dengan tingkat signifikansi 5%. Garis CUSUM yang berada diantara *critical bounds* menandakan bahwa seluruh koefisien dalam model stabil.

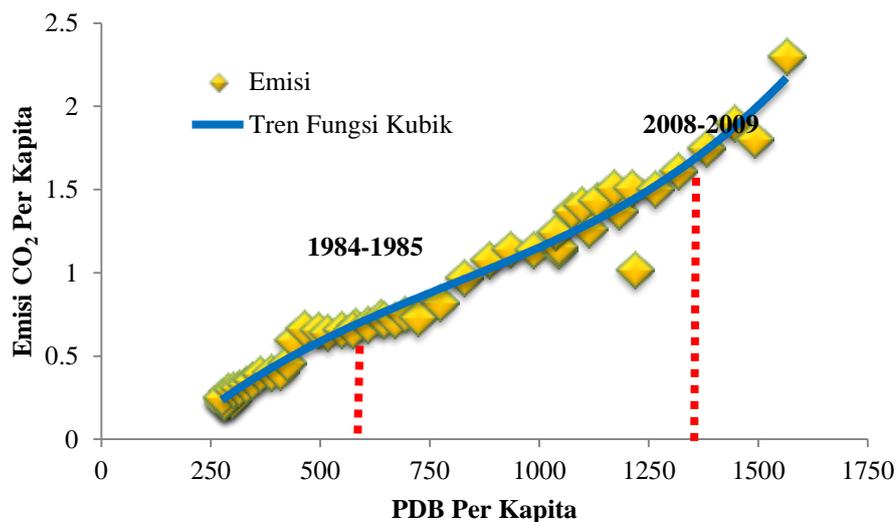
Pembahasan

Dari hasil estimasi model jangka pendek terlihat bahwa PDB per kapita hanya dapat menjelaskan 38% dari perubahan yang terjadi pada emisi karbon dioksida per kapita di Indonesia dalam jangka pendek. sehingga dapat dikatakan masih ada faktor lain diluar model yang lebih besar menjelaskan perubahan yang terjadi. 62% sisa hasil estimasi lainnya dapat dijelaskan oleh indikator lingkungan lain, seperti karbon monoksida, sulfur dioksida dan laju deforestasi. Dalam jangka pendek PDB per kapita akan berpengaruh positif pada tahun kedua. Hal ini berarti dalam jangka pendek kenaikan PDB pada tahun tersebut akan meningkatkan emisi karbon dioksida pada tahun kedua. Serupa dengan Heshmati (2010) bahwa hubungan positif kedua variabel dalam jangka pendek juga terjadi di China dan Korea. Hal ini dapat berdampak buruk pada akumulasi emisi karbon dioksida dalam jangka panjang. Peningkatan Emisi karbondioksida ini terjadi karena pesatnya industrialisasi pada perekonomian Indonesia mencapai 47% (Indonesian Investment, 2015). Begitu pula dengan China sebagai Negara dengan inidutri yang tumbuh sangat pesat, pertumbuhan ekonomi akan berdampak positif dengan Emisi karbondioksida dalam jangka pendek (Heshmati, 2010).

Dalam jangka panjang, peningkatan US\$1 pada PDB per kapita akan meningkatkan emisi karbondioksida per kapita sebesar 0,002 metrik ton per kapita (*ceteris paribus*). Peningkatan US\$1 pada PDB per kapita kuadrat akan menurunkan sebesar 2.30E-06 metrik ton per kapita pada emisi karbondioksida per kapita karena variabel ini berhubungan yang negatif *ceteris paribus*. Sedangkan, peningkatan US\$1 pada PDB per kapita kubik akan meningkatkan emisi karbondioksida perkapita sebesar 9.59E-10 metrik ton per kapita *ceteris paribus*. Ketiga variabel signifikan untuk mempengaruhi PDB per kapita. Hasil koefisien diatas mengindikasikan bentuk kurva berbentuk N pada hubungan PDB per kapita dan emisi karbondioksida per kapita karena secara statistik signifikan. Dari hasil analisis, awalnya emisi karbondioksida per kapita meningkat hingga mencapai *turning point* pertama ketika PDB per kapita mencapai US\$631 pada tahun 1984-1985, seperti membentuk kurva U tebalik. Kemudian setelah *turning point* pertama rata-rata peningkatan emisi karbondioksida per kapita menurun hingga *turning point* kedua. *Turning point* kedua terjadi ketika PDB per kapita US\$1407 tahun 2008-2009 kemudian meningkat kembali. Mengingat adanya koefisien PDB per kapita kuadrat yang bertanda negatif dan *turning point*, Namun bila melihat kurva EKC Indonesia mengindikasikan adanya tren yang semakin meningkat

Pada 2011 menjadi puncak emisi karbondioksida per kapita Indonesia mencapai 2.30 metrik ton per kapita, Nilai ini meningkat 27,38% dari tahun 2010. Rata-rata peningkatan emisi karbondioksida per kapita sebelum *turning point* pertama sebesar 4,32%, kemudian rata-rata ini menurun hingga *turning point* kedua menjadi 4,03%. Setelah *turning point* kedua emisi karbon dioksida per kapita cenderung meningkat kembali. Peningkatan kembali emisi karbondioksida Indonesia pada tahun 2009 tidak terlepas dari deforestasi yang terjadi pada kurun waktu 2000-2009. Lahan dan kehutanan adalah penghasil utama emisi karbondioksida bagi Indonesia. Hal ini dikarenakan 84% emisi karbon dioksida Indonesia berasal dari kehutanan dan lahan.

Gambar 3 Ilustrasi Hasil Kurva



Sumber: Microsoft Excel, 2015

Dalam penelitian ini kurva yang dihasilkan berbentuk N terlihat pada gambar 3 di atas. Hal ini dikarenakan koefisien variabel PDB per kapita bertanda positif, PDB per kapita kuadrat bertanda negatif dan PDB per kapita kubik bertanda positif. Terlihat pada ilustrasi gambar 3 diatas, awalnya kurva memiliki pola yang sama dengan model EKC (*Inverted U Curve*). Setelah melewati *turning point* kedua, hubungan emisi per kapita dan PDB per kapita kembali berhubungan positif. Bila dilihat secara keseluruhan kurva akan terlihat memiliki tren meningkat yang monoton. Kurva N ini menunjukkan bahwa dalam keadaan PDB per kapita tinggi yang membuat skala ekonomi Indonesia meningkat akan berdampak negatif pada kualitas lingkungan. Hal ini disebabkan lingkungan tidak dapat mengimbangi pesatnya peekonomian Indonesia yang justru akan mengorbankan lingkungan yang hanya dianggap sebagai faktor input semata. Bila dilihat secara keseluruhan terlepas dari adanya *turning point*, kurva emisi karbondioksida per kapita akan cenderung meningkat. Kondisi *monotonically increasing* ini sejalan dengan fase pembangunan

dalam *Environmental Kuznets Curve* yang dijalani Indonesia hingga saat ini sebagai Negara berkembang. Hal ini terlihat dari hasil penelitian yang memperlihatkan peningkatan pendapatan perkapita masih menjadi prioritas utama pembangunan. Sehingga akan mengesampingkan adanya kerusakan lingkungan yang terjadi sebagai eksternalitas negatif.

Bila dilihat dari tren emisi karbondioksida Indonesia tidak sesuai dengan Protokol Kyoto yang telah disepakati oleh pemerintah Indonesia tahun 1997 pada *Conference of Parties (CoP)* ke 3 yang diadakan di Kyoto, Jepang. Indonesia juga telah meratifikasi Protokol Kyoto dalam sistem perundang-undangan Indonesia melalui Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2004. Komitmen Indonesia dalam menurunkan emisi karbondioksida sesuai dengan undang-undang (UU) tidak terlihat pada hasil penelitian ini. Penurunan yang diharapkan terjadi pada tahun 2008 hingga 2011 (Tahun 2012 tidak termasuk sampel penelitian) tidak terjadi. Justru bila dilihat dari hasil penelitian pada tahun 2008-2009 mengindikasikan adanya *turning point* kedua yang meningkat signifikan sehingga membentuk kurva N. Dengan kecenderungan peningkatan yang monoton antara emisi karbon dioksida dengan pendapatan per kapita maka hal ini akan sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Sutikno dan Maryunani (2006). Diawali dengan penggunaan sumber daya alam yang berlebihan untuk mempercepat pertumbuhan ekonomi akan memicu peningkatan eksploitasi sumber daya alam dan akan mengancam ketersediaan sumber daya alam. Proses industrialisasi tidak hanya berdampak positif bagi kesejahteraan masyarakat, tetapi juga akan menimbulkan pencemaran lingkungan yang meningkat pula. Pencemaran ini ditandai dengan kenaikan emisi karbon dioksida dalam penelitian ini.

E.KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. PDB per kapita, PDB per kapita kuadrat dan PDB per kapita kubik mempengaruhi emisi karbon dioksida per kapita dengan terutama pada tahun kedua. Bila PDB per kapita meningkat maka akan meningkatkan emisi karbon dioksida per kapita. Proses penyesuaian jangka pendek menunjukkan adanya koreksi 49% bila ada ketidakseimbangan dalam emisi karbon dioksida per kapita di tahun sebelumnya akan kembali kepada keseimbangan jangka panjang pada tahun tersebut.
- b. Bila PDB per kapita meningkat maka akan meningkatkan emisi karbon dioksida per kapita, PDB per kapita kuadrat meningkat maka akan menurunkan emisi karbon dioksida per kapita dan meningkatnya PDB per kapita kubik akan meningkatkan emisi karbon dioksida per kapita. Dari hasil analisis ditemukan dua *turning point*, yaitu ketika PDB per kapita mencapai US\$631 pada tahun 1984-1985 dan *turning point* kedua ketika PDB per kapita mencapai US\$1407 pada tahun 2008-2009.
- c. Sehingga dapat disimpulkan penelitian Pengaruh Produk Domestik Bruto Per Kapita Terhadap Emisi Karbon Dioksida di Indonesia Pada Periode 1961-2011 tidak menemukan eksistensi bentuk kurva U terbalik sesuai hipotesis pada kurun waktu 1961-2011. Hal ini dikarenakan dari hasil jangka panjang PDB per kapita, PDB per kapita kuadrat dan PDB per kapita kubik maka kurva yang dihasilkan berbentuk N.

Saran

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan yang telah disampaikan sebelumnya maka saran yang dapat diberikan kepada *stake holders* dan penelitian lebih lanjut, yaitu

- a. Dengan adanya peningkatan emisi karbon dioksida yang sejalan dengan pendapatan perkapita Indonesia maka diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan informasi bagi *stake holders* terkait dan para pelaku ekonomi tentang kondisi kualitas lingkungan yang menurun akibat dari PDB per kapita.
- b. Temuan dua *turning point* pada PDB per kapita dan peningkatan emisi karbon dioksida dalam lima dekade terakhir diharapkan menjadi bahan evaluasi dan perumusan kebijakan strategis untuk melaksanakan komitmennya dalam *Conference of the Parties (COP)* ke 21 tahun 2015 sebagai keberlanjutan Protokol Kyoto pada 2012 sesuai dengan *Intended Nationally Determined Contribution (INDC)* Indonesia berkomitmen mengurangi emisi karbon dioksida

- sebesar 29% dengan kemampuan mandiri dan 41% dengan bantuan internasional sampai tahun 2030.
- c. Bagi yang tertarik melakukan penelitian yang serupa diharapkan objek penelitian spesifik dengan skala provinsi atau kota/kabupaten. Hal ini penting bagi pemetaan wilayah penghasil emisi karbon dioksida di Indonesia. Spesifikasi PDB hingga tingkat sektoral juga dapat dilakukan untuk mencari sumber emisi karbon dioksida guna perumusan kebijakan yang lebih tepat sasaran.
 - d. Variabel laju deforestasi di Indonesia juga dapat ditambahkan dalam model penelitian lanjutan agar dapat menjelaskan perkembangan emisi karbon dioksida Indonesia yang mayoritas dihasilkan oleh sektor kehutanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, K. dan Long, W. 2012. *Environmental Kuznets Curve and Pakistan: An Empirical Analysis*. International Conference on Applied Economics (ICOAE) 2012.
- Akpan, F.U. dan Chuku, A. 2011. *Economic Growth and Environmental Degradation in Nigeria: Beyond The Environmental Kuznets Curve*. 4th Annual NAE/IAEE International Conference.
- Al-mulali, U., Tang C.F. dan Ozturk, Ilhan. 2015. *Estimating The Environment Kuznets Curve hypothesis: Evidence from Latin America and the Caribbean Countries*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 50 (2015) 918–924.
- Borhan, H., Ahmed, E.M. dan Hitam, M. 2012. *The Impact of CO₂ on Economic Growth in ASEAN 8*. North Cyprus: Asia Pacific International Conference on Environment-Behaviour Studies.
- Gujarati, Damodar. dan Porter, Dawn C. 2009. *Dasar-dasar Ekonometrika*. Jakarta: Salemba 4.
- Heshmati, Almas. 2010. *An Empirical Study of The Relationship Between CO₂ Emissions, Economic Growth and Openness*. Discussion Paper No. 5304. Korea University.
- Indonesia Investment. 2015. *Produk Domestik Bruto Indonesia*. <http://www.indonesia-investments.com/id/keuangan/angka-ekonomi-makro/produk-domestik-bruto-indonesia/item253> diakses pada 26 Desember 2015.
- Jalil A. dan Mahmud, S.F. 2009. *Environment Kuznets Curve fo CO₂ Emission: A Cointegration analysis for China*. Energy Policy 37 (2009) 5167–5172.
- Johansen, S. 1995. Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models.
- Kuznets, Simon. 1955. *Economic Growth and Income Inequality*. *American Economic Review* 45(1): 1–28.
- Mankiw, Gregory N. 2006. *Makroekonomi Edisi Ketiga*. Jakarta: Salemba Empat.
- McEachern, William. 2000. *Ekonomi Makro - Pendekatan Kontemporer*. Terj. Sigit Triandaru. Jakarta: Salemba Empat.
- McKinsey Global Institute. 2012. *The Archipelago Economy: Unleashing Indonesia's Potential*. Jakarta: McKinsey Global Institute
- Munasinghe, Mohan. 1999. *Is Environmental Degradation an Inevitable Consequence of Economic Growth: Tunneling Through the Environmental Kuznets Curve*. *Ecological Economics* 29(1): 89–109.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*, Penerbit Alfabeta, Bandung.
- Sutikno dan Maryunani. 2006. *Ekonomi Sumber Daya Alam*. Malang: Badan Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Brawijaya.
- Undang Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. [http://prokum.esdm.go.id/uu/2009/UU%2032%20Tahun%202009%20\(PPLH\).pdf](http://prokum.esdm.go.id/uu/2009/UU%2032%20Tahun%202009%20(PPLH).pdf) diakses pada 25 Oktober 2015.
- Wardhana, W. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Yandle, Bruce., Vijayaraghavan, Maya., dan Bhattarai, Madhusudan. 2002. *The Environmental Kuznets Curve : A Primer*. PERC Research Study 02-1.