

## Pengaruh Industrialisasi Terhadap Emisi CO<sub>2</sub> Di Indonesia

Aldodi Pratama

Universitas Diponegoro, aldodipratama@students.undip.ac.id

### ABSTRACT

*Developing countries such as Indonesia have the ambition to carry out structural transformations in order to increase their economic growth. The structural transformation of the economy from low-productivity agriculture to high-productivity industrialization is seen as a prerequisite for achieving sustainable economic growth, but there are concerns about the impact of industrialization on the environment, especially in the context of carbon emissions and climate change. This study aims to analyze the effect of industrialization on long-term and short-term CO<sub>2</sub> emissions in Indonesia, using the Vector Error Correction Model (VECM) method on time series data in Indonesia for the period 1974-2016. The variables used in this study are CO<sub>2</sub> emissions, carbon intensity, energy intensity, Gross Domestic Product (GDP) and industrial value added, where the CO<sub>2</sub> emission variable is the endogenous variable and the industrial value added variable is a proxy for industrialization. The other variables refer to the rich identity theory which describes the similarity of the relationship between human activities and the environment. The results of the study indicate that there is a significant positive effect of carbon intensity, energy intensity and GDP on CO<sub>2</sub> emission in Indonesia in the long term, meanwhile the value added industry show a significant negative effect in the long term. These variables further show no significant effect on CO<sub>2</sub> emissions in the short term.*

**Keywords:** *Industrialization, CO<sub>2</sub> Emissions, Structural Transformation, Vector Error Correction Model (VECM), Granger Causality Test*

### ABSTRAK

Negara berkembang seperti Indonesia berambisi untuk melakukan transformasi struktural demi meningkatkan pertumbuhannya. Transformasi struktural perekonomian dari pertanian berproduktivitas rendah menjadi industrialisasi berproduktivitas tinggi yang dipandang sebagai syarat untuk mencapai pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan, namun ada kekhawatiran tentang dampak industrialisasi terhadap lingkungan, terutama dalam konteks emisi karbon dan perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh industrialisasi terhadap emisi CO<sub>2</sub> dalam jangka panjang dan jangka pendek di Indonesia, dengan menggunakan metode *Vector Error Correction Model* (VECM) terhadap data deret waktu di Indonesia periode 1974-2016. Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu emisi CO<sub>2</sub>, intensitas karbon, intensitas energi, Produk Domestik Bruto (PDB) dan nilai tambah industri, dimana variabel emisi CO<sub>2</sub> sebagai variabel endogen dan variabel nilai tambah industri sebagai *proxy* dari industrialisasi. Adapun variabel lainnya mengacu pada teori *kaya identity* yang menggambarkan persamaan hubungan antara aktivitas manusia dan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh yang positif signifikan dari intensitas karbon, intensitas energi dan PDB terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia pada jangka panjang, sementara itu nilai tambah industri menunjukkan adanya pengaruh negatif yang signifikan pada jangka panjang. Variabel-variabel tersebut lebih lanjut tidak menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> pada jangka pendek.

**Kata Kunci :** *Industrialisasi, Emisi CO<sub>2</sub>, Transformasi Struktural, Vector Error Correction Mode (VECM), Uji Kausalitas Granger*

*Naskah diterima: 16-12-2022, direvisi: 04-02-2022, diterbitkan: 01-04-2022*

## PENDAHULUAN

Menemukan dan mewujudkan kondisi masyarakat yang ideal menjadi salah satu permasalahan dasar dari suatu negara (Hasan dan Azis, 2018). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, suatu negara umumnya tidak terlepas dari kegiatan pembangunan ekonomi. Adapun pembangunan ekonomi dapat didefinisikan sebagai seluruh aktivitas yang dilakukan suatu negara yang berkaitan dengan pengembangan kegiatan ekonomi dan peningkatan taraf hidup masyarakat (Arsyad, 1999). Berdasarkan pernyataan tersebut, maka dapat dikatakan bahwa keberhasilan pembangunan ekonomi dapat diindikasikan dari pertumbuhan ekonomi negara tersebut (Dewi dkk., 2013).

Salah satu upaya untuk mendorong pembangunan dan pertumbuhan ekonomi yaitu dengan melakukan industrialisasi (Sutrisna, 2008). Bagi beberapa negara, terutama negara-negara berkembang seperti Indonesia, industrialisasi menjadi primadona dalam upaya pembangunan dan perbaikan kondisi ekonomi negara tersebut (Damayanthi, 2008).

Industrialisasi secara konseptual dapat dikatakan sebagai suatu keadaan dimana sosial ekonomi ditransformasikan dari kondisi pra industri dengan pendapatan rendah menuju industrialisasi dengan pendapatan yang cenderung lebih tinggi (Susila, 2018). Adapun perubahan struktur ekonomi yang pada awalnya didominasi oleh sektor pertanian menuju ke sektor-sektor non primer, terutama industri dan jasa yang cenderung lebih modern merupakan konsep dari teori transformasi struktural (Suwarni, 2006). Dengan kata lain, industrialisasi merupakan upaya yang dilakukan agar transformasi struktural dapat terjadi.

Industrialisasi di Indonesia sudah diterapkan sejak tahun 1969 bersamaan dengan pelaksanaan program pembangunan lima tahun I (PELITA I), hingga pada tahun 1990-an Bank Dunia mengelompokkan Indonesia sebagai salah satu Negara Industri Baru (*Newly Industrializing Economies*) di Asia Timur Bersama dengan Malaysia dan Thailand (Kustanto dkk., 2012).

Industrialisasi yang diterapkan di Indonesia pada akhirnya berhasil menyebabkan terjadinya transformasi struktural. Hal ini dapat diukur berdasarkan besarnya sumbangan PDB setiap sektor melalui nilai tambahnya (Suwarni, 2006). Nilai tambah sektor pertanian menunjukkan *trend* yang menurun sejak tahun 1965 dimana sumbangan PDB sektor ini mencapai 56 persen pada tahun tersebut. Adapun nilai tambah sektor industri menunjukkan *trend* yang meningkat sejak tahun 1963 dimana sumbangan PDB sektor ini hanya sebesar 12 persen pada tahun tersebut. Hingga pada akhirnya transformasi struktural terjadi pada tahun 1974 dimana nilai tambah sektor industri mulai mendominasi dengan nilai tambah sebesar 34,2 persen melampaui nilai tambah sektor pertanian yang hanya sebesar 31,1 persen pada tahun tersebut (Bank Dunia, 2021; Trading Economics, 2021).

Transformasi struktural pada dasarnya memang diperlukan agar pertumbuhan ekonomi memiliki dampak yang signifikan terhadap standar hidup dan sosial (Herrendorf dkk., 2014). Perserikatan Bangsa - Bangsa (PBB) menyatakan bahwa transformasi struktural dari pertanian ke industrialisasi relevan untuk penciptaan lapangan kerja dan perbaikan kondisi kehidupan (Lin dkk., 2015). Meski demikian, pertumbuhan ekonomi dan kegiatan industrialisasi tidak dapat lepas dari isu kelestarian lingkungan.

Hubungan antara fenomena ekonomi dan lingkungan telah lama menjadi isu yang diperdebatkan (Lean dan Smyth, 2013). Naude (2011) menemukan bahwa industrialisasi memiliki hubungan positif dengan emisi melalui kontribusinya terhadap pertumbuhan PDB. Sejalan dengan hal itu, laporan IEA (2009) menyatakan bahwa kegiatan industri berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca. Adapun penelitian Lin dkk (2015) menunjukkan hasil yang berbeda dimana industrialisasi justru tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Nigeria.

Terlepas dari perdebatan tersebut, fenomena di Indonesia menunjukkan adanya degradasi lingkungan yang disebabkan oleh sektor industri. Indonesia *First Biennial Update Report* (BUR) melaporkan total emisi GRK Indonesia pada tahun 2012 mencapai 1.454 juta MtCO<sub>2</sub>e (*metric tons of carbon dioxide equivalent*). Sektor penyumbang utama adalah perubahan penggunaan lahan dan gambut (47,8%), diikuti oleh energi (34,9%), pertanian (7,8%), limbah (6,7%), dan IPPU (2,8%) (Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, 2015). Adapun emisi karbon tertinggi yang dihasilkan oleh sektor energi berasal dari sektor industri pada tahun 2012 yaitu sebesar 152 juta ton CO<sub>2</sub> (KESDM, 2016). Hal ini menunjukkan tingginya emisi yang dihasilkan oleh sektor industri melalui konsumsi energi sektor tersebut.

Fenomena yang terjadi di Indonesia menunjukkan adanya potensi kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh industrialisasi. Meningkatnya emisi karbon sektor industri akan menyebabkan penurunan kualitas lingkungan karena ada korelasi tidak langsung antara pertumbuhan ekonomi dan degenerasi lingkungan. Disisi lain industrialisasi memegang peranan

penting untuk mendorong perekonomian, sehingga masalah emisi karbon yang disebabkan oleh industrialisasi juga merupakan masalah yang penting untuk dipecahkan. Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan, maka dapat dikatakan bahwa penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan jangka panjang dan jangka pendek antara industrialisasi dan emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia.

Beberapa penelitian serupa telah dilakukan oleh para peneliti. Lin dkk (2015) meneliti dampak industrialisasi terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Nigeria. Penelitian ini menggunakan analisis VECM dan identitas Kaya (*Kaya Identity*) dalam pemilihan variabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Industrialisasi berpengaruh negatif signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Nigeria.

Variabel PDB sektor industri juga digunakan pada penelitian Andarini dkk (2016) dengan objek penelitian Indonesia. Perbedaan dengan penelitian ini yaitu penelitian Andarini dkk (2016) menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS), sehingga tidak dilengkapi dengan estimasi jangka panjang. Adapun PDB sektor industri berpotensi untuk memiliki pengaruh jangka panjang terhadap emisi CO<sub>2</sub>.

Liu dan Bae (2018) lebih lanjut menganalisis hubungan industrialisasi (sumbangan PDB sektor industri) di terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Cina menggunakan alat analisis *autoregressive distribution lag* (ARDL). Hasil penelitian menunjukkan bahwa industrialisasi berpengaruh positif signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Cina.

Ouyang dan Lin (2015) menganalisis perubahan serta faktor penentu emisi CO<sub>2</sub> industri China dengan metode *Logarithmic Mean Divisia Index* (LMDI). Hasil penelitian lebih lanjut juga menunjukkan

bahwa industrialisasi berkontribusi terhadap kenaikan emisi CO<sub>2</sub> di Cina.

Adapun beberapa penelitian seperti Stefanski (2012), Zhang dkk (2013), Zhu dkk (2016), dan Liu dan Bae (2018) menggunakan lebih dari satu wilayah sebagai objek penelitian yang menjadikan hasil dan saran penelitian lebih bersifat umum. Adapun penelitian yang menggunakan satu objek penelitian sebagian besar memilih negara China sebagai objek penelitian seperti Zhang dkk (2009), Zhou dkk (2013), Ouyang dan Lin (2015).

## KAJIAN LITERATUR

### Teori Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development*)

Konsep pembangunan keberlanjutan sudah menjadi perhatian pemerintah sudah ada sejak lama dan bukan pemikiran yang baru, namun istilah keberlanjutan (*sustainable*) sendiri baru muncul beberapa dekade yang lalu. Konsep ini sudah sangat umum digunakan sebagai solusi untuk mengatasi *trade-off* antara pembangunan dan lingkungan.

Konsep pembangunan berkelanjutan pada dasarnya merupakan suatu konsep yang sederhana namun cukup kompleks. Hal ini menyebabkan timbulnya multidimensi dan multiinterpretasi terhadap pengertian dari keberlanjutan. Untuk meluruskan perbedaan tersebut, para ahli untuk sementara waktu sepakat untuk mengadopsi pengertian dari komisi *Brundtland* (1987) yang menyatakan bahwa pembangunan berkelanjutan merupakan pembangunan yang memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya. (Rahadian, 2016).

### *Environmental Kuznet Curve* (EKC)

Konsep ini bermula dari pernyataan Kuznets (1955) bahwa peningkatan ketimpangan pendapatan akan terus terjadi bersamaan dengan peningkatan pendapatan

per kapita, namun kemudian akan menurun setelah mencapai titik balik. Pernyataan ini apabila digambarkan dalam bentuk kurva akan membentuk huruf U terbalik.

Kurva berbentuk U terbalik ini lebih lanjut serupa dengan kesimpulan dari analisis tingkat negara yang dilakukan Panayotou (1993). Hasil analisis tersebut menyatakan bahwa hubungan antara beberapa indikator polusi dan pendapatan per kapita dapat digambarkan dengan kurva U-terbalik. Kesamaan ini yang mendorong Panayotou (1993) untuk menciptakan istilah *Environmental Kuznets Curve* (EKC) yang menyatakan bahwa tingkat degradasi lingkungan akan terus meningkat seiring dengan peningkatan pendapatan, hingga mencapai suatu titik tertentu dimana orang-orang mulai sadar akan kelestarian lingkungan dan bersedia membayar untuk itu (Grossman dan Krueger, 1991).

### Teori Konsumsi

Samuelson dan Nordhaus (2009) mengatakan bahwa konsumsi merupakan pengeluaran untuk pembelian barang-barang dan jasa akhir guna mendapatkan kepuasan ataupun memenuhi kebutuhannya.

Teori konsumsi Keynes menyatakan bahwa tingkat konsumsi pada masa sekarang pada dasarnya dipengaruhi oleh pendapatan bersih (*disposable income*) pada masa itu juga. Artinya jika pendapatan bersih meningkat maka konsumsi juga akan meningkat, meskipun peningkatan konsumsi tidak sebesar peningkatan pendapatan bersih. Teori Keynes lebih lanjut menjelaskan tentang konsumsi otonom (*autonomous consumption*) yaitu konsumsi yang tetap dipenuhi oleh seseorang meskipun pendapatannya sama dengan nol. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat batas konsumsi minimal yang tidak tergantung tingkat pendapatan (Rahardja dan Manurung, 2008).

### Penelitian Terdahulu

Lin dkk (2015) menganalisis hubungan Untuk menguji hubungan jangka pendek dan jangka panjang antara industrialisasi dengan emisi karbon di

Nigeria menggunakan teknik ekonometrika *Vector Error Correction Model* (VECM) dan kerangka model empiris *Kaya Identity*, hasil penelitian ini menunjukkan adanya hubungan negatif signifikan industrialisasi terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Nigeria pada jangka panjang, namun tidak pada jangka pendek.

Zhu dkk (2016) Mengkaji dampak *Foreign Direct Investment* (FDI), populasi, keterbukaan perdagangan (*trade openness*), struktur industri pertumbuhan ekonomi, *financial development* dan konsumsi energi terhadap emisi karbon pada lima negara anggota terpilih di Perhimpunan Bangsa - Bangsa Asia Tenggara (ASEAN-5) yaitu Indonesia, Malaysia, Filipina, Singapura dan Thailand tahun 1981-2011. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh variabel independen terhadap emisi karbon bersifat heterogen di seluruh kuantitas. Pengaruh FDI pada emisi karbon adalah negatif, kecuali pada kuartil ke-5, dan menjadi signifikan pada kuartil yang lebih tinggi. Konsumsi energi meningkatkan emisi karbon, dengan efek terkuat terjadi pada kuantitas yang lebih tinggi. Di antara negara-negara emisi tinggi, pertumbuhan ekonomi yang lebih besar dan jumlah penduduk tampaknya mengurangi emisi. Hasil penelitian juga mendukung validitas hipotesis *halo effect* di negara-negara dengan emisi tinggi, namun terdapat sedikit bukti yang mendukung kurva berbentuk U terbalik di negara-negara ASEAN-5.

Andarini dkk (2016) menganalisis pengaruh kegiatan sektor industri terhadap kualitas lingkungan yang ditinjau dari emisi karbon dioksida di Indonesia menggunakan *Ordinary Least Square* (OLS). Hasil analisis menunjukkan bahwa PDB sektor industri berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub>.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan 5 variabel yaitu variabel emisi CO<sub>2</sub>, PDB, intensitas energi, intensitas karbon dan nilai tambah industri dimana emisi CO<sub>2</sub> sebagai variabel endogen. Adapun PDB, intensitas energi dan intensitas karbon mewakili hubungan antara

aktivitas manusia dengan lingkungan dan nilai tambah industri mewakili industrialisasi.

Pemilihan variabel terinspirasi dari identitas Kaya (*Kaya identity*) sebagai kerangka model empiris yang kemudian ditambahkan variabel nilai tambah industri sebagai *proxy* untuk industrialisasi. Identitas Kaya adalah subjek buku karangan Yoichi Kaya berjudul “Lingkungan, Energi dan Ekonomi: Strategi untuk Keberlanjutan” yang menggambarkan persamaan yang digunakan untuk mengungkapkan hubungan antara aktivitas manusia dan lingkungan (khususnya dalam bentuk emisi CO<sub>2</sub>).

Pemilihan variabel pada penelitian ini pada awalnya mengacu sepenuhnya pada identitas Kaya (*Kaya identity*) sebagai kerangka model empiris dengan memasukkan nilai tambah industri sebagai *proxy* untuk industrialisasi, namun terdapat kendala dari salah satu variabel yang digunakan yaitu populasi penduduk. Data populasi penduduk di Indonesia memiliki *trend* yang sangat stabil sehingga menyebabkan data tidak stasioner pada tingkat *second difference*. Hal ini tidak sesuai dengan metode VAR/VECM yang membutuhkan data yang stasioner. Untuk menghindari terjadinya ketidakakuratan hasil estimasi yang didapatkan, maka peneliti memilih untuk menghilangkan unsur populasi penduduk pada variabel yang digunakan.

Penelitian ini lebih lanjut menggunakan data sekunder dengan pendekatan kuantitatif yaitu data deret waktu (*time series*) tahun 1974-2016 (43 tahun) di Indonesia. Sumber data penelitian ini berasal dari sumber eksternal, yaitu sumber yang berasal dari luar institusi penelitian diantaranya Indonesia CO<sub>2</sub> *Country Profile*, *Our World in Data* (2020), *GDP growth (constant LCU) Indonesia*, Bank Dunia (2021), *Industry value add Indonesia Trading Economics* (2021).

Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini yaitu VAR/VECM dengan menggunakan *software* Eviews 9. Terdapat

beberapa tahap yang harus dilakukan dalam proses analisis VECM yaitu uji stasioneritas, uji lag optimum, uji kointegrasi, Uji VAR/Vecm, uji *impulse response function* dan uji *variance decomposition*, uji kausalitas Granger.

## PEMBAHASAN

### Uji VECM

Salah satu kelebihan metode VECM dibanding VAR yaitu analisis VECM mempertimbangkan adanya fluktuasi data yang bergerak di sekitar *trend* jangka panjang sehingga model VECM digunakan untuk menganalisis adanya koreksi pada variabel dependen akibat adanya kondisi ketidakseimbangan pada beberapa variabel.

Suatu variabel dinyatakan berpengaruh signifikan terhadap variabel lainnya pada uji ini apabila nilai t-statistik variabel tersebut lebih besar dari nilai t-tabel yang digunakan. Adapun nilai t-tabel yang digunakan dalam penelitian sebesar 2,024394 untuk taraf nyata sebesar 5 persen dan 1,685954 untuk taraf nyata 10 persen.

Tabel 1. Hasil Uji VECM jangka Panjang

N o	Variabel	Koefisien	T- Statistik	Keterangan
1.	CO <sub>2</sub> (-1)	1,000000	-	-
2.	IK(-1)	9,430510	8,27502	signifikan
3.	IE(-1)	3,421750	5,78551	signifikan
4.	IND(-1)	8,448410	4,76112	signifikan
5.	PDB(-1)	0,897192	4,31764	signifikan

Sumber : Eviews 9 (diolah)

Tabel 1 menunjukkan variabel IK memiliki nilai t-statistik sebesar 8,27502. Hal ini menjelaskan bahwa variabel IK memiliki pengaruh yang kuat terhadap variabel CO<sub>2</sub> karena berada pada taraf nyata 5 persen. Dapat dilihat pula pada nilai

koefisien dari variabel IK yaitu sebesar 9,430510 yang artinya setiap kenaikan 1 kg/kWh akan menaikkan intensitas emisi CO<sub>2</sub> sebesar 9,430510 ribu ton. Tanda positif pada nilai t-statistik dan nilai koefisien tersebut menjelaskan bahwa terjadi pengaruh searah antara variabel IK dan CO<sub>2</sub>, artinya kenaikan dari variabel IK akan menyebabkan kenaikan pada variabel CO<sub>2</sub>.

Hasil ini sejalan dengan temuan Lin dan Xie (2014) yang menunjukkan bahwa intensitas karbon merupakan faktor dominan yang mempengaruhi emisi CO<sub>2</sub> pada industri transportasi di China. Intensitas karbon yang lebih rendah memiliki pengaruh positif terhadap pengurangan emisi CO<sub>2</sub> dalam jangka panjang.

Hasil penelitian Luo dkk (2021) lebih lanjut menunjukkan bahwa intensitas karbon termasuk pendorong utama emisi CO<sub>2</sub>. Peningkatan emisi CO<sub>2</sub> akibat peningkatan intensitas karbon disebabkan oleh dua faktor, yaitu tingkat konsumsi energi yang dan kualitas energi yang dikonsumsi. Tingkat konsumsi energi yang lebih rendah dan kualitas energi yang dikonsumsi yang lebih tinggi berpengaruh terhadap intensitas karbon dan emisi CO<sub>2</sub> yang lebih rendah.

Pernyataan tersebut sesuai dengan fenomena yang terjadi di Indonesia dimana total konsumsi energi final di Indonesia terus bertambah setiap tahunnya. Total konsumsi energi final di Indonesia mencapai 1033,24 setara barel minyak (SBM) dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 2,53 persen per tahun pada tahun 2015. Penambahan tingkat konsumsi energi pada akhirnya berdampak pada peningkatan produksi emisi GRK. Total emisi GRK dari pembakaran energi yang mampu dihasilkan oleh setiap sektor pengguna secara menyeluruh mencapai 261,89 juta ton CO<sub>2</sub> pada tahun 2015. Dalam kurun 2000-2015, tingkat emisi GRK sektor energi meningkat sebesar 2,43 persen per tahun (KESDM, 2016).

Pengaruh positif signifikan lebih lanjut terjadi pada variabel IE. Tabel 1 menunjukkan nilai t-statistik IE sebesar 5,78551 yang berarti variabel IE

berpengaruh cukup kuat pada CO<sub>2</sub> karena berada pada taraf nyata 5 persen. Adapun nilai koefisien IE yaitu sebesar 3,421750 menunjukkan setiap kenaikan 1 kWh akan menaikkan intensitas emisi CO<sub>2</sub> sebesar 3,421750 ribu ton. Tanda positif pada nilai t-statistik dan nilai koefisien menunjukkan hubungan satu arah pada variabel IE yang artinya bahwa setiap kenaikan yang terjadi pada variabel IE maka akan diikuti dengan kenaikan pula pada emisi CO<sub>2</sub>.

Hasil serupa dijelaskan pada penelitian Kartiasih dan Setiawan (2012) yang menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari konsumsi energi terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia dalam jangka panjang dengan tingkat signifikansi 5 persen. Penelitian Namahoro dkk (2021) lebih lanjut juga mendukung pernyataan tersebut menunjukkan bahwa intensitas energi meningkatkan emisi di seluruh wilayah dan tingkat pendapatan di Afrika.

Adapun keadaan di Indonesia didukung oleh fenomena yang terjadi dimana tingkat intensitas energi di Indonesia relatif tinggi. Data menunjukkan tingkat intensitas energi di Indonesia sebesar 482 TOE (*ton oil equivalent*) per juta USD. Angka ini masih jauh lebih tinggi dibandingkan rata-rata tingkat intensitas energi dari negara-negara maju yang tergabung dalam *Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD), dengan tingkat intensitas energi sebesar 164 TOE per juta USD (Badan Pusat Statistik, 2007).

Elinur dkk (2010) menyatakan bahwa tingginya konsumsi energi di Indonesia disebabkan oleh subsidi energi yang ditetapkan oleh pemerintah yang kemudian berdampak pada pemborosan dan penggunaan yang kurang optimal dan efisien dalam konsumsi energi. Adapun pengembangan energi alternatif yang lambat juga memperburuk keadaan. So (2014) menjelaskan bahwa sebagai negara berkembang, Indonesia juga memiliki tuntutan untuk meningkatkan perekonomian, sementara itu konsumsi energi final Indonesia terus mengalami kenaikan seiring

dengan semakin meningkatnya kegiatan ekonomi di semua sektor. Hal inilah yang menjadikan berbagai upaya perlu dilakukan untuk mendorong pemanfaatan penggunaan energi yang efisien.

Pengaruh negatif signifikan terjadi pada variabel IND dimana nilai t-statistik dan nilai koefisien bertanda negatif. Hal ini menunjukkan hubungan dua arah antara variabel IND dan variabel CO<sub>2</sub> yang artinya setiap kenaikan yang terjadi pada IND akan menyebabkan intensitas emisi CO<sub>2</sub> mengalami penurunan. Tabel 1 menunjukkan nilai t-statistik IND sebesar -4,76112, artinya variabel IND berpengaruh negatif signifikan yang cukup kuat terhadap emisi CO<sub>2</sub> dengan taraf nyata 5 persen. Adapun nilai koefisien variabel IND yaitu sebesar -8,448410 menjelaskan bahwa setiap kenaikan sebesar 1,00 persen IND maka akan menyebabkan penurunan emisi CO<sub>2</sub> sebesar -8,448410 ribu ton.

Hasil ini bertentangan dengan hipotesis utama penelitian ini, namun hasil ini sejalan dengan hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Stefanski (2012). Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa emisi yang relatif lebih tinggi di negara-negara miskin dibanding di negara-negara kaya bukan disebabkan oleh industrialisasi, melainkan merupakan gejala distorsi harga energi atau sektor non-pertanian.

Pernyataan tersebut didukung oleh hasil penelitian Lin dkk (2015). Hasil VECM pada penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh negatif yang signifikan antara nilai tambah industri dan emisi CO<sub>2</sub> dalam jangka panjang.

Penelitian Andarini dkk (2016) lebih lanjut mengambil kasus di Indonesia. Hasil analisis menunjukkan bahwa PDB sektor industri berpengaruh negatif dan signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia. Hal ini dapat terjadi karena kebijakan pemerintah terkait penerapan industri hijau dan mendorong penggunaan teknologi yang lebih rendah karbon.

Penerapan industri hijau merupakan salah satu program pemerintah dalam membangun sektor industri yang lebih ramah lingkungan. Hal ini disebutkan dalam PP RI No.14 Tahun 2015 tentang Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015-2035 yang menarget capaian pembangunan industri dalam tiga tahap yakni (Pusat Komunikasi Publik Kementertian Perindustrian, 2015):

1. Tahap 1 (2015-2019) : Meningkatkan nilai tambah sumber daya alam.
2. Tahap 2 (2020-2024) : Keunggulan kompetitif dan berwawasan lingkungan
3. Tahap 3 (2025-2035) : Negara industri tangguh.

Pengaruh positif signifikan lebih lanjut juga diindikasikan oleh variabel PDB. Tabel 1 menunjukkan nilai t-statistik PDB sebesar 4,31764 yang artinya variabel PDB berpengaruh kuat pada CO<sub>2</sub> karena berada pada taraf nyata 5 persen. Adapun nilai koefisien PDB sebesar 0,897192 menandakan setiap kenaikan 1 Rupiah PDB akan menaikkan intensitas emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,897192 ribu ton. Tanda positif pada nilai t-statistik dan nilai koefisien variabel PDB hubungan satu arah dimana setiap kenaikan yang terjadi pada variabel PDB maka akan diikuti dengan kenaikan pula pada emisi CO<sub>2</sub>.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Kartiasih dan Setiawan (2020) yang mengambil kasus di Indonesia. Penelitian ini menjelaskan bahwa pengaruh positif signifikan antara pertumbuhan ekonomi dengan degradasi lingkungan membuktikan tidak berlakunya hipotesis EKC di Indonesia. Hal ini berarti pembangunan ekonomi di Indonesia selama periode penelitian hanya berfokus pada peningkatan pendapatan tanpa memperhatikan kualitas lingkungan.

Safriawan dan Idris (2020) lebih lanjut juga mengambil kasus di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh positif signifikan pertumbuhan ekonomi terhadap degradasi lingkungan di Indonesia baik dalam jangka panjang maupun jangka pendek. Penelitian ini

menyatakan bahwa hasil penelitian tersebut sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa pertumbuhan ekonomi memiliki hubungan positif terhadap degradasi lingkungan. Penelitian ini lebih lanjut menjelaskan bahwa menurut hipotesis EKC, kerusakan lingkungan yang parah biasanya rawan terjadi di negara - negara berkembang yang mayoritas merupakan negara - negara berpenghasilan rendah.

Pengaruh signifikan yang positif antara pertumbuhan ekonomi terhadap degradasi lingkungan tentu memerlukan perhatian lebih. Suatu negara atau wilayah yang tidak memperhatikan masalah lingkungannya, terutama emisi yang sangat terkait dengan pemanasan global, tidak hanya akan mengalami degenerasi lingkungan tetapi juga kerugian ekonomi (Adamantiades dan Kessides, 2009) Kerugian ini dikenal sebagai biaya sosial karbon (*social cost of carbon/SCC*). Biaya sosial karbon didefinisikan sebagai *net present value* dari efek pemanasan global (seperti penurunan produksi pertanian, bahaya kesehatan, atau risiko banjir) dalam waktu sekitar 100 tahun, dari satu ton CO<sub>2</sub> yang dipancarkan di atmosfer saat ini (Berawi, 2016).

Tabel 2. Hasil Uji VECM Jangka Pendek

No	Variabel	Koefisien	T-Statistik	Keterangan
1.	CointEq1	-0,051963	-1,82509	signifikan
2.	D(CO <sub>2</sub> (-1))	0,356031	0,75023	tidak signifikan
3.	D(IK(-1))	-0,083661	-0,15864	tidak signifikan
4.	D(IE(-1))	0,072490	0,19102	tidak signifikan
5.	D(IND(-1))	-0,085729	-0,23729	tidak signifikan
6.	D(PDB(-1))	1,57940	1,57940	tidak signifikan

Sumber :Eviews 9 (diolah)

Tabel 2 menunjukkan hasil uji VECM dalam jangka pendek. Dapat dilihat bahwa

nilai t-statistik dari tiap-tiap variabel yaitu CO<sub>2</sub>, IE, IK, IND dan PDB tidak ada yang lebih besar dari nilai t-tabel baik pada taraf nyata 5 persen maupun 10 persen. Hal ini membuktikan bahwa pada jangka pendek tidak ada variabel yang berpengaruh signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> baik pada taraf nyata 5 persen maupun 10 persen, termasuk variabel CO<sub>2</sub> itu sendiri.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Lin dkk (2015). Hasil VECM pada penelitian ini menunjukkan tidak adanya pengaruh yang signifikan antara PDB, populasi penduduk, intensitas energi, intensitas karbon dan nilai tambah industri terhadap emisi CO<sub>2</sub> dalam jangka pendek di Nigeria.

Hal ini dikarenakan emisi CO<sub>2</sub> merupakan bentuk polusi global yang meningkat ataupun menurun memerlukan jangka waktu yang panjang. Adapun keadaan transformasi struktural Indonesia yang bertahap menjadikan tidak adanya pengaruh yang signifikan dalam jangka pendek (Kurniarahma dkk., 2020).

### Uji Kausalitas Granger

Uji kausalitas Granger bertujuan untuk melihat hubungan kausalitas antar tiap-tiap variabel berdasarkan data *time series* dalam estimasi model. Hasil uji ini menjelaskan ada atau tidaknya hubungan sebab akibat antar variabel tersebut baik satu arah maupun dua arah (Gujarati dan Porter, 2009).

Hasil uji kausalitas ditentukan berdasarkan perbandingan antara nilai probabilitas dengan taraf uji dengan tingkat kepercayaan sebesar 5 persen (0,05). Jika nilai probabilitas lebih besar dari tingkat kepercayaan 5 persen (0,05) ( $prob > 0,05$ ), maka tidak terdapat sebab Granger (*Granger cause*) antar variabel, artinya variabel satu tidak menjadi sebab dari variabel lainnya. Jika nilai probabilitas lebih kecil dari tingkat kepercayaan 5 persen (0,05) ( $prob < 0,05$ ), maka terdapat sebab Granger (*Granger cause*) antar variabel, artinya variabel satu menjadi sebab dari variabel lainnya (Basuki dan Prawoto, 2016).

Hasil uji kausalitas Granger pada tabel 3 menunjukkan indikasi hubungan satu arah pada 2 variabel yaitu variabel IK terhadap CO<sub>2</sub> dan variabel PDB terhadap CO<sub>2</sub>. Pernyataan tersebut dibuktikan oleh nilai probabilitas antar variabel lebih kecil dibandingkan taraf uji dengan tingkat

Variabel	Probabilitas	Keterangan
IK → CO <sub>2</sub>	0.0241	Terdapat hubungan satu arah (IK → CO <sub>2</sub> )
CO <sub>2</sub> → IK	0.0586	
IE → CO <sub>2</sub>	0.2887	Tidak terdapat hubungan kausalitas
CO <sub>2</sub> → IE	0.1233	
IND → CO <sub>2</sub>	0.9947	Tidak terdapat hubungan kausalitas
CO <sub>2</sub> → IND	0.4212	
PDB → CO <sub>2</sub>	0.0109	Terdapat hubungan satu arah (PDB → CO <sub>2</sub> )
CO <sub>2</sub> → PDB	0.8227	

kepercayaan sebesar 5 persen (0,05), sehingga dapat dikatakan bahwa variabel IK dan PDB masing-masing menjadi sebab bagi variabel CO<sub>2</sub> tanpa adanya hubungan timbal balik.

Adapun variabel IE dan IND tidak menunjukkan adanya hubungan kausalitas baik satu arah maupun dua arah. Hal ini dibuktikan oleh nilai probabilitas antar variabel lebih besar dibandingkan taraf uji dengan tingkat kepercayaan sebesar 5 persen (0,05), sehingga dapat dikatakan bahwa variabel-variabel tersebut masing-masing tidak terjadi pengaruh sebab akibat.

Tabel 3. Hasil Uji Kausalitas Granger

Sumber : Eviews 9 (diolah)

### SIMPULAN

Penelitian ini mengkaji dampak transformasi struktural terhadap lingkungan dengan meneliti hubungan antara industrialisasi dengan emisi CO<sub>2</sub>. Hasil penelitian ini menunjukkan pengaruh yang negatif signifikan antara industrialisasi

terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia dalam jangka panjang. Hal ini merupakan hasil dari upaya pemerintah Indonesia dalam membangun industri yang ramah lingkungan. Salah satunya yaitu PP RI No.14 Tahun 2015 tentang Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015-2035.

Pengaruh yang positif signifikan ditunjukkan oleh intensitas karbon, intensitas energi dan PDB di Indonesia dalam jangka panjang. Hal ini disebabkan tingginya tingkat konsumsi energi dan rendahnya kualitas energi yang dikonsumsi. Hal lebih lanjut menunjukkan upaya pemerintah belum cukup untuk mengimbangi pertumbuhan ekonomi dalam mengatasi degradasi yang dihasilkan.

Adapun dalam jangka pendek tidak ada satu pun variabel yang menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub>. Hal ini dikarenakan emisi CO<sub>2</sub> merupakan bentuk polusi global yang meningkat ataupun menurun memerlukan jangka waktu yang panjang. Adapun keadaan transformasi struktural Indonesia yang bertahap menjadikan tidak adanya pengaruh yang signifikan dalam jangka pendek.

Berdasarkan hasil penelitian ini, ada beberapa saran peneliti yang mungkin dapat menjadi pertimbangan kebijakan bagi pemerintah agar industrialisasi tidak berdampak besar terhadap emisi CO<sub>2</sub>, sehingga pertumbuhan ekonomi tidak diiringi dengan degradasi lingkungan. Pemerintah dapat lebih meningkatkan industrialisasi di Indonesia guna membantu menghasilkan pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan, mempertahankan atau meningkatkan upaya untuk menciptakan industri hijau, meningkatkan peran dalam menciptakan regulasi terhadap pertumbuhan ekonomi dari berbagai sektor guna mengatasi degradasi lingkungan akibat pertumbuhan ekonomi, menciptakan regulasi terkait pengendalian dalam penggunaan energi dan kualitas energi yang digunakan di seluruh sektor.

Saran lebih lanjut untuk penelitian berikutnya yang menjadi kekurangan pada penelitian ini yakni menambahkan variabel populasi dengan analisis metode jangka panjang yang berbeda di Indonesia. Penelitian Lin, dkk (2015) menunjukkan adanya pengaruh positif signifikan dari populasi terhadap emisi CO<sub>2</sub> di Nigeria. Hal ini tidak menutup kemungkinan juga dapat terjadi Indonesia.

## REFERENSI

- Adamantiades, A., dan Kessides, I. (2009). Nuclear power for sustainable development: Current status and future prospects. *Energy Policy*, 37(12), 5149–5166.
- Andarini, A., Idris, dan Ariusni. (2016). Pengaruh Kegiatan Sektor Industri, Pertambangan dan Transportasi terhadap Kualitas Lingkungan Ditinjau dari Emisi Co<sub>2</sub> di Indonesia. *Jurnal Kajian Ekonomi dan Pembangunan*, 5(2), 125–136.
- Arsyad, L. (1999). *Pengantar perencanaan dan pembangunan ekonomi daerah*. Yogyakarta: Yogyakarta BPFE.
- Badan Pusat Statistik. (2007). *Statistik Energi Indonesia*. Jakarta.
- Bank Dunia. (2021). Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP) Indonesia. Diambil 9 Februari 2021
- Basuki, A. T., dan Prawoto, N. (2016). *Analisis Regresi Dalam Penelitian Ekonomi dan Bisnis (Dilengkapi Aplikasi SPSS dan Eviews)*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Berawi, M. A. (2016). Accelerating sustainable infrastructure development: Assuring well-being and ensuring environmental sustainability. *International Journal of Technology*, 7(4), 527–529.
- Damayanthi, V. R. (2008). Proses Industrialisasi Di Indonesia Dalam Perspektif Ekonomi Politik. *Journal of Indonesian Applied Economics*, 2(1),

- 68–89.
- Dewi, E., Amar, S., dan Sofyan, E. (2013). Analisis Pertumbuhan Ekonomi, Investasi, dan Konsumsi di Indonesia. *Jurnal Kajian Ekonomi*, 1(02), 176–193.
- Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim. (2015). *Indonesia First Biennial Update Report* (1 ed.). Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Elinur, Priyarsono, D. S., Tambunan, M., dan Firdaus, M. (2010). Perkembangan Konsumsi Dan Penyediaan Energi Dalam Perekonomian Indonesia. *Indonesian Journal of Agricultural Economics*, 2(1), 97–119.
- Grossman, G., dan Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research*, (3914), 13–56.
- Gujarati, D. N., dan Porter, D. C. (2009). Basic Econometrics. In A. E. Hilber & N. Fox (Ed.), *Introductory Econometrics: A Practical Approach* (5 ed.). New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Hasan, M., dan Azis, M. (2018). Pembangunan Ekonomi & Pemberdayaan Masyarakat: Strategi Pembangunan Manusia dalam Perspektif Ekonomi Lokal. In *CV. Nur Lina* (Kedua). Makasar.
- Herrendorf, B., Rogerson, R., dan Valentinyi, Á. (2014). Growth and Structural Transformation. *Handbook of Economic Growth*, 2(6), 855–941.
- IEA. (2009). Global Gaps in Clean Energy Research, Development, and Demonstration. In *International energy agency*. Paris.
- Kartiasih, F., dan Setiawan, A. (2020). Aplikasi Error Correction Mechanism Dalam Analisis Dampak Pertumbuhan Ekonomi, Konsumsi Energi Dan Perdagangan Internasional Terhadap Emisi Co2 Di Indonesia. *Media Statistika*, 13(1), 104–115.
- Kartiasih, F., Syaikat, Y., dan Anggraeni, L. (2012). Determinan Intensitas Energi di Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 12(2), 192–214.
- KESDM. (2016). *Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi*. Jakarta Pusat: Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kurniarahma, L., Laut, L. T., dan Prasetyanto, P. K. (2020). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi CO2 di Indonesia. *Directory Journal of Economic*, 2(2), 368–385.
- Kustanto, H., Oktaviani, R., Sinaga, B. M., dan Firdaus, M. (2012). Reindustrialisasi dan Dampaknya Terhadap Ekonomi Makro Serta Kinerja Sektor Industri di Indonesia.pdf. *Jurnal Riset Industri*, 6(1), 97–115.
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review*, 45(1), 1–28.
- Lean, H. H., dan Smyth, R. (2013). Will policies to promote renewable electricity generation be effective? Evidence from panel stationarity and unit root tests for 115 countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 371–379.
- Lin, B., Omoju, O. E., dan Okonkwo, J. U. (2015). Impact of industrialisation on CO2 emissions in Nigeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1228–1239.
- Lin, B., dan Xie, C. (2014). Reduction potential of CO2 emissions in China's transport industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 689–700.

- Liu, X., dan Bae, J. (2018). Urbanization and industrialization impact of CO2 emissions in China. *Journal of Cleaner Production*, 172, 178–186.
- Luo, Y., Zeng, W., Hu, X., Yang, H., dan Shao, L. (2021). Coupling the driving forces of urban CO2 emission in Shanghai with logarithmic mean Divisia index method and Granger causality inference. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126843.
- Namahoro, J. P., Wu, Q., Zhou, N., dan Xue, S. (2021). Impact of energy intensity, renewable energy, and economic growth on CO2 emissions: Evidence from Africa across regions and income levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 1–13.
- Naudé, W. (2011). Climate change and industrial policy. *Sustainability*, 3(7), 1003–1021.
- Ouyang, X., dan Lin, B. (2015). An analysis of the driving forces of energy-related carbon dioxide emissions in China's industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 838–849.
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. *Pacific and Asian Journal of Energy*, 4(1), 23–42.
- Pusat Komunikasi Publik Kementerian Perindustrian. (2015). *Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015-2035*. Kementerian Perindustrian.
- Rahadian, A. H. (2016). strategi pembangunan berkelanjutan. *Prosiding Seminar STIAMI*, III(01).
- Rahardja, P., dan Manurung, M. (2008). *Teori Ekonomi Makro*. Jakarta: Lembaga Penerbit FE-UI.
- Ritchie, H., dan Roser, M. (2020, Juni 11). CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions. Diambil 10 Maret 2021, dari Our World in Data
- Safriawan, dan Idris. (2020). Pengaruh Globalisasi Kepadatan Penduduk dan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Degradasi Lingkungan di Indonesia. *Jurnal Kajian Ekonomi dan Pembangunan*, 1(1), 1–8.
- Samuelson, P. A., dan Nordhaus, W. D. (2009). *Macroeconomics* (19 ed.; N. Fox, Ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- So, P. Y. (2014). Implementasi Kebijakan Konservasi Energi Di Indonesia. *E-Journal Graduate Unpar*, 1(1), 1–13.
- Stefanski, R. (2012). *Structural Transformation and Pollution*. 1–31. *Jurnal Jurisprudence*, 8(2), 42–47.
- Sutrisna, E. (2008). Dampak Industrialisasi terhadap Aspek Sosial Ekonomi Masyarakat. *Jurnal Industri dan Perkotaan*, XII(22), 1743–1753.
- Susila, J. (2018). Industrialisasi dan Pembangunan Berkesinambungan.
- Suwarni, E. (2006). Perubahan Struktur Ekonomi Indonesia. *Journal of Economics and Development*, 4(1), 19–29.
- Trading Economics. (2021). Indonesia - Industry, Value Added (% Of GDP) - 1960-2019. Diambil 4 September 2021
- World Bank. (2021). GDP (current LCU) - Indonesia. Diambil 10 Maret 2021, dari
- Zhang, M., Mu, H., Ning, Y., dan Song, Y. (2009). Decomposition of energy-related CO2 emission over 1991-2006 in China. *Ecological Economics*, 68(7), 2122–2128.
- Zhang, Y., Xia, Y., dan Fan, Y. (2013). How CO2 emissions structure evolves with the process of industrialization. *International Journal of Global Environmental Issues*, 13(1), 43–63.
- Zhou, X., Zhang, J., dan Li, J. (2013). Industrial structural transformation and

carbon dioxide emissions in China.  
*Energy Policy*, 57, 43–51.

regression. *Economic Modelling*, (58),  
237–248.

Zhu, H., Duan, L., Guo, Y., dan Yu, K.  
(2016). The effects of FDI, economic  
growth and energy consumption on  
carbon emissions in ASEAN-5:  
Evidence from panel quantile