

PENGARUH FOREIGN DIRECT INVESTMENT TERHADAP EMISI GAS CO₂ DI NEGARA G20

Birgitta Sekar Winda

Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Indonesia, Indonesia

gittasaputra@gmail.com

Telisa Aulia Falianty

Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Indonesia, Indonesia

telisa97fe@yahoo.com

Abstrak

Meningkatnya kadar emisi CO₂ merupakan salah satu indikator penurunan kualitas lingkungan. Pembangunan perekonomian suatu negara melalui berbagai sektor sebagai wujud pemerintah meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya. Selain ditopang dari kemampuan dalam negeri, investasi menjadi kerja sama yang baik bagi negara investor maupun negara yang menerima investasi tersebut. Penanaman Modal Asing Langsung atau Foreign Direct Investment dapat diimplementasikan melalui pembangunan perusahaan maupun transfer teknologi yang secara tidak langsung dapat menghasilkan residu yang dapat mencemari lingkungan, salah satunya emisi CO₂. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penanaman modal asing langsung atau foreign direct investment (FDI) terhadap emisi gas karbon dioksida (CO₂) di negara anggota G-20. Data yang digunakan adalah FDI, emisi CO₂, GDP per kapita sektor industri dan GDP per kapita sektor transportasi dari negara anggota G-20. Pada penelitian ini menggunakan data panel dengan pendekatan metode Generalized Method of Moments (GMM), periode analisis dari tahun 2005 sampai tahun 2021. Hasil estimasi GMM menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari FDI terhadap emisi CO₂ di negara anggota G20.

Kata Kunci: FDI, Emisi CO₂, G-20

Abstract

The increased CO₂ indicator is one of the factor environments degrading quality. Economic development of a country through various sectors shows implementation of its governments to build the wellbeing of society. However, the factors it's not only supported by domestic, investment being the great cooperation between the investor country and the investing country. Foreign direct investment shall be implemented through company development and technology transfer that indirectly results in residues which are able to pollute the environment, one of the causes is CO₂. The purpose of this study is to analyze the impact of foreign direct investment carbon dioxide (CO₂) emission in the member of G-20 countries. The data collected from this study are, FDI, CO₂ emission, GDP per capita of industry sector, and GDP per capita of transportation sector of G-20 member countries. This study utilizes a data panel with Generalized Method of Moments (GMM) method, sampled from analysis period 2005 until 2021. GMM estimates that there are significant impacts of FDI to CO₂ emission in members of G-20 countries.

Keywords: FDI, CO₂ Emission, G-20.

PENDAHULUAN

Aliran investasi ke dalam suatu negara dibagi menjadi dua (2) jenis, yaitu investasi langsung dan investasi portfolio. *Foreign Direct Investment* (FDI) atau investasi langsung merupakan bentuk investasi berwujud perusahaan maupun teknologi yang digunakan untuk

kegiatan produksi. Investasi Portfolio merupakan investasi yang berwujud asset keuangan. Investasi asing secara langsung diharapkan dapat membantu kinerja perekonomian di negara tersebut melalui transfer peralatan atau teknologi dan peningkatan kualitas untuk sumber daya manusia. Transformasi teknologi yang digunakan dalam proses produksi bertujuan untuk menciptakan efisiensi, peningkatan kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan, penghematan waktu dan biaya produksi. Diharapkan dengan adanya transformasi teknologi maka perusahaan akan mendapatkan keuntungan lebih besar, dan dapat mencapai kondisi *economic of scale*, yaitu keadaan dimana perusahaan menurunkan biaya rata-rata produksi *longterm* agar jumlah output yang diproduksi lebih besar.

Investasi menjadi salah satu prioritas pemerintah untuk meningkatkan pemulihan perekonomian di negara tersebut. Sebagai bentuk kerjasama antar negara, kegiatan penanaman modal menjadi hal yang kerap dilakukan untuk mendukung stabilitas dalam bidang perekonomian dan meningkatkan PDB di negara tersebut. Dilatarbelakangi oleh kerja sama yang terjalin antar negara, baik negara maju maupun negara berkembang, pada tahun 1999 *Group of Twenty* (G20) hadir sebagai forum kerja sama dalam bidang perekonomian nasional. Terdiri dari 19 negara yaitu Amerika Serikat, Arab Saudi, Afrika Selatan, Australia, Argentina, Brazil, Canada, China, Indonesia, Inggris, Italia, India, Jepang, Jerman, Korea Selatan, Kanada, Meksiko, Turki, Rusia, dan 1 kawasan Uni Eropa. G20 memiliki posisi strategis dan representasi dari 80% investasi global, 85% perekonomian dunia, 60% total populasi penduduk dunia, dan 75% perdagangan internasional. Arus pertumbuhan ekonomi di negara berkembang menyebabkan negara tersebut harus mampu mencapai pada tingkat pertumbuhan yang telah ditargetkan. Tingginya percepatan industrialisasi, peningkatan jumlah penduduk, dan konsumsi energi tanpa diiringi dengan perilaku masyarakat yang sadar akan kualitas lingkungan tentunya menjadi faktor yang sangat berpengaruh dalam memicu timbulnya berbagai permasalahan lingkungan.¹

Pemanasan global merupakan masalah terkait lingkungan yang saat ini sedang dihadapi berbagai negara. Emisi gas yang dihasilkan berupa karbon dioksida (CO₂), nitro oksida (N₂O), metana (CH₄), dan *chlorofluorocarbons* (CFC) menjadi faktor pendukung terjadinya efek gas rumah kaca.² Tahun 2021, IPCC menyatakan bahwa emisi gas rumah kaca terbesar dihasilkan dari gas CO₂. Peningkatan kadar CO₂ yang disebabkan oleh kegiatan industri, deforestasi lahan, pelepasan gas gunung berapi, dan pembakaran energi fosil sebagai bahan bakar menjadi salah satu dampak lingkungan yang saat ini masih dirasakan sejak terjadinya revolusi industri. Tidak dapat dipungkiri bahwa aktivitas ekonomi yang membutuhkan bahan baku dari alam tentunya

¹ Javeria Maryam, "CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in BRICS: An Empirical Analysis," *IOSR Journal of Humanities and Social Science* 22, no. 2 (2017).

² H. Riebeek, "Global Warming," *The Earth Observatory* (blog), 2010, <http://earthobservatory.nasa.gov>.

memberikan tekanan yang lebih besar terhadap lingkungan, terutama kegiatan industri yang dapat menghasilkan residu dan merusak alam. Oleh karena itu, CO₂ menjadi salah satu residu dari kegiatan ekonomi, sehingga masalah pencemaran dan kerusakan lingkungan menjadi isu utama bagi banyak negara yang memiliki aktivitas industri yang tinggi.

Pada tahun 2015 disepakati perjanjian *ParisAgreement* yang merespons kebijakan terkait lingkungan dengan mewajibkan negara berkontribusi dalam upaya mengurangi kenaikan suhu global dengan menetapkan batas pemanasan 1,5 derajat Celsius. Kinerja kolaboratif yang dilakukan antar negara diharapkan mampu saling mendukung pembangunan infrastruktur yang bersih dan sesuai dengan tujuan, yaitu mengurangi pemanasan global dan perubahan iklim. Melalui bantuan teknologi bersih, transfer dalam bidang teknologi untuk negara berkembang, dan upaya mendorong negara berkembang untuk memperoleh dukungan finansial melalui proyek investasi.

Peningkatan signifikan pada FDI dinilai memberikan dampak buruk bagi lingkungan karena sejalan dengan produktivitas industri yang tinggi dan mengarah pada produksi emisi CO₂.³ Meningkatnya arus FDI memberikan dampak baik bagi perekonomian, namun tidak dapat dipungkiri bahwa hal ini mempengaruhi lingkungan apabila setiap produktivitas yang dilakukan kurang memperhatikan dampaknya bagi aspek lingkungan.

Mengingat negara G20 berkontribusi hampir lebih dari $\frac{3}{4}$ total emisi dunia, dan peran negara G20 dalam membantu pembangunan perekonomian di berbagai negara, membuat penelitian ini akan diarahkan untuk menganalisis investasi langsung yang dilakukan oleh negara G-20 dan hubungannya dengan emisi gas CO₂ yang dihasilkan.

TINJAUAN TEORITIS

Kerusakan Lingkungan

Degradasi lingkungan adalah kondisi menurunnya kualitas lingkungan yang disebabkan adanya kegiatan baik pembangunan infrastruktur maupun industri yang menyebabkan terjadinya disfungsi pada lingkungan tersebut. Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) menjadi salah satu indikator degradasi lingkungan. Campur tangan manusia dan peningkatan industrialisasi saat ini memberi dampak yang kurang baik bagi kesehatan lingkungan.

Pembangunan infrastruktur dan masuknya penanaman modal dalam upaya peningkatan ekonomi tentunya memberi dampak positif terhadap perekonomian suatu negara. Namun peningkatan industri yang mendapat aliran modal apabila tidak disiapkan dengan baik dapat

³ Myeong Hwan Kim dan Nodir Adilov, "The Lesser of Two Evils: An Empirical Investigation of Foreign Direct Investment-Pollution Tradeoff," *Applied Economics* 44, no. 20 (2012), <https://doi.org/10.1080/00036846.2011.566187>.

merusak lahan dan menjadi salah satu penyebab peningkatan zat CO₂.

Investasi

Investasi merupakan tempat untuk mengembangkan modal yang dimiliki dengan harapan menambah nilai modal tersebut. Adanya aliran modal berupa investasi merupakan salah satu sumber pembangunan dan mendukung adanya pengembangan pasar domestik. Bentuk umum investasi di dalam suatu negara umumnya ada dua, yaitu Penanaman Modal Asing (PMA) dan Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN).

Foreign Direct Investment (FDI)

Foreign Direct Investment merupakan arus pemberian modal dengan skala internasional, dalam hal ini suatu perusahaan yang berasal dari negara tertentu dapat membangun perusahaan baru atau membangun perusahaan cabang di negara lain.⁴ Kontribusi FDI dalam pertumbuhan ekonomi bermula dari upaya FDI untuk mendukung transformasi teknologi di negara berkembang dari negara maju.

Kemajuan teknologi menjadi faktor penting dalam pertumbuhan ekonomi, adanya metode baru untuk menyelesaikan permasalahan tentunya membuat pekerjaan menjadi efektif dan efisien. Aktivitas perekonomian suatu negara yang didukung oleh FDI dapat terus mengalami peningkatan, namun kerusakan lingkungan berupa peningkatan emisi CO₂ sangat mungkin terjadi apabila investasi yang masuk tidak diiringi dengan teknologi yang ramah lingkungan. Tidak hanya itu, masuknya FDI berdampak pada peningkatan alih fungsi lahan dan kegiatan industri yang memungkinkan terjadinya peningkatan emisi CO₂.

Mengenai hal ini, terdapat dua hipotesis, yaitu *pollution haven hypothesis* yang menyatakan bahwa kegiatan produksi tinggi emisi dapat dialihkan dari negara maju ke negara yang memiliki kelonggaran regulasi terhadap lingkungan. *Halo pollution hypothesis* memaparkan bahwa investasi perusahaan negara maju turut berkontribusi pada pengurangan emisi negara yang menjadi tuan rumah, hal ini dikarenakan struktur pembangunan yang baru telah disesuaikan dengan teknologi hijau.

FDI yang diberikan untuk suatu negara tentunya memberikan dampak positif bagi pendapatan per kapita negara tersebut, namun umumnya aliran investasi ini justru merusak lingkungan di negara berkembang. Aliran FDI *outflow* memiliki dua mekanisme dalam implementasinya. Pertama, dengan menggiatkan pasar keuangan domestik untuk meningkatkan investasinya di luar negeri, dan mekanisme kedua adalah menggeser produksinya ke luar negeri

⁴ P. R. Krugman, M. Obstfeld, dan F. H. Basri, *Ekonomi Internasional: Teori dan Kebijakan* (Jakarta: Raja Grafindo Persada, 1994).

dengan melakukan transfer teknologi. Hal ini menyebabkan adanya peningkatan investasi. Upaya investasi, dalam hal teknologi khususnya teknologi ramah lingkungan yang dilakukan oleh perusahaan dengan emisi karbon tinggi dapat membantu pengurangan emisi CO₂ yang dihasilkan di negara tersebut.

Gross Domestic Product (GDP)

Tingkat perekonomian suatu negara salah satunya ditentukan oleh output nasional, sehingga pertumbuhan ekonomi menjadi indikator keberhasilan pembangunan perekonomian. GDP setiap negara terdiri oleh berbagai sector, yaitu servis, agrikultur, manufaktur, transportasi, pertambangan, dan konstruksi.

Industrialisasi menjadi salah satu aktivitas yang mempercepat perubahan struktur ekonomi dalam suatu negara. Tahapan dalam proses ini diimplementasikan melalui peningkatan kontribusi sector manufaktur, total produksi, dan kesempatan kerja. Selama 10 tahun terakhir, sector industry berkontribusi lebih dari 10% total GDP di setiap negara.

Khususnya bagi negara-negara anggota G20, sector industry memberikan kontribusi yang cukup besar bagi pertumbuhan GDP di negara tersebut. Berdasarkan data world bank pada tahun 2020, Amerika Serikat menghasilkan GDP terbesar di antara seluruh negara anggota G20 senilai 20.893,7 juta USD dengan persentase 1.1% dihasilkan dari sector agrikultur, 18.4% sector industry, 11.2% sector manufaktur, dan 80.1% sector servis.

Sedangkan GDP terendah dihasilkan oleh negara Afrika Selatan yaitu sebesar 335.4 juta USD, dengan sebaran kontribusi 2.5% dihasilkan dari sector agrikultur, 23.4% sector industry, 11.7% sector manufaktur dan 64.6% sector servis. Industri dianggap sebagai *leading sector* yang dapat menjadi penggerak pembangunan sector lainnya.

Selain industri, transportasi menjadi salah satu sector yang menyumbang emisi CO₂ cukup tinggi. Pentingnya penyediaan layanan transportasi setidaknya mampu menjadi solusi atas permasalahan peningkatan urbanisasi, aksesibilitas yang efisien, dan mendorong negara dengan penghasilan rendah dan menengah mampu secara kompetitif untuk bersaing di pasar global. Optimalisasi penggunaan transportasi yang tersedia tentunya dapat meningkatkan hasil produksi yang akan berpengaruh pada peningkatan GDP.

Analisis mengenai eksplorasi arus masuk investasi melalui FDI menemukan bukti PDB industri dan kegiatan ekonomi hijau dapat meningkatkan kualitas lingkungan, namun adanya persediaan modal dalam negeri justru memberikan pengaruh negatif pada kualitas lingkungan. Terdapat hubungan positif antara pertumbuhan ekonomi dengan emisi karbon. Hubungan antara emisi karbon dan pertumbuhan perekonomian yang diteliti oleh Kasperowicz pada 18 negara anggota EU, menemukan hasil bahwa ada hubungan negative antara pertumbuhan ekonomi dan

emisi karbon dalam jangka panjang tetapi menunjukkan hubungan positif dalam jangka pendek.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh FDI terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan di negara G20 dengan menggunakan variabel terikat CO₂, variabel bebas FDI (*in-flow* dan *out-flow*), dan variabel kontrol GDP dari sektor transportasi dan GDP sektor industri. Data keanggotaan negara G20 merupakan data yang akan digunakan dalam *cross section*.

Time series adalah data terkait periode waktu yang akan diteliti, yaitu tahun 2005 hingga tahun 2021 dan menggunakan model datapanel dinamis dengan pendekatan *Generalized Method Mode* (GMM). Data terkait emisi CO₂ diambil dari *Climate Watch*, sedangkan data FDI diambil dari IMF dan data untuk GDP diperoleh dari laporan *World Bank*.

Adapun model dasar yang digunakan adalah:

$$y_{it} = \delta y_{i,t-1} + \beta_0 + \beta_1 u_{it} + \beta_2 (u_{it} + \beta_3 u_{it}) + \varepsilon_{it}$$

Dimana y_{it} merupakan variabel CO₂, δ merupakan interpretasi lag variabel dependen, u adalah variabel berupa FDI dan selanjutnya variabel kontrol yaitu GDP, β merupakan koefisien variabel, dan ε adalah nilai error regresi untuk data *cross section*. Dengan demikian model yang dibangun dalam penelitian ini adalah:

$$E_{it}(CO_2) = \delta CO_{(i,t-1)} + \beta_1 FDI_{it} + \beta_2 FDI_{it} + \beta_3 GDP_{in_{it}} + \beta_4 GDP_{tr_{it}} + \varepsilon_{it}$$

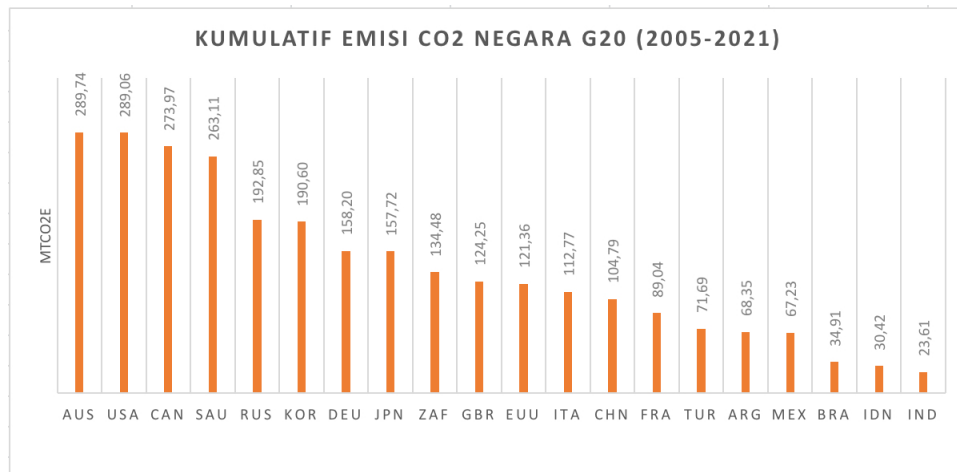
HASIL PENELITIAN

Analisis Deskriptif

Tingginya konsumsi energi apabila tidak diimbangi dengan upaya perbaikan kualitas lingkungan, maka akan terjadi kerusakan pada lingkungan dan peningkatan emisi CO₂ yang tentunya akan memberikan dampak buruk bagi negara dan dunia dalam jangka panjang. Berdasarkan data emisi CO₂ untuk negara G20 pada periode 2005 hingga 2021 diketahui bahwa, emisi CO₂ mengalami peningkatan mulai tahun 2005 dan puncaknya pada tahun 2009, lalu mengalami penurunan yang cukup drastis pada tahun 2011. Meningkatnya emisi CO₂ pada tahun 2009 dinilai sebagai dampak pemulihan ekonomi global akibat krisis ekonomi tahun 2008 yang melanda dunia.

289,74 MtCO₂e dengan jumlah emisi terbesar pada tahun 2009 sebesar 18,52 MtCO₂e dan emisi terendah yang dihasilkan Australia sebesar 15,21 MtCO₂e pada tahun 2021. Sedangkan total emisi terendah dihasilkan negara India dengan jumlah 23,61 MtCO₂e. Tingginya

produksi emisi CO₂ oleh negara Australia, disebabkan dari sektor transportasi dan industri manufaktur yang terus berkembang di negara tersebut.



Gambar 1 Data kumulatif Emisi CO₂ Negara G20 (2005-2021)

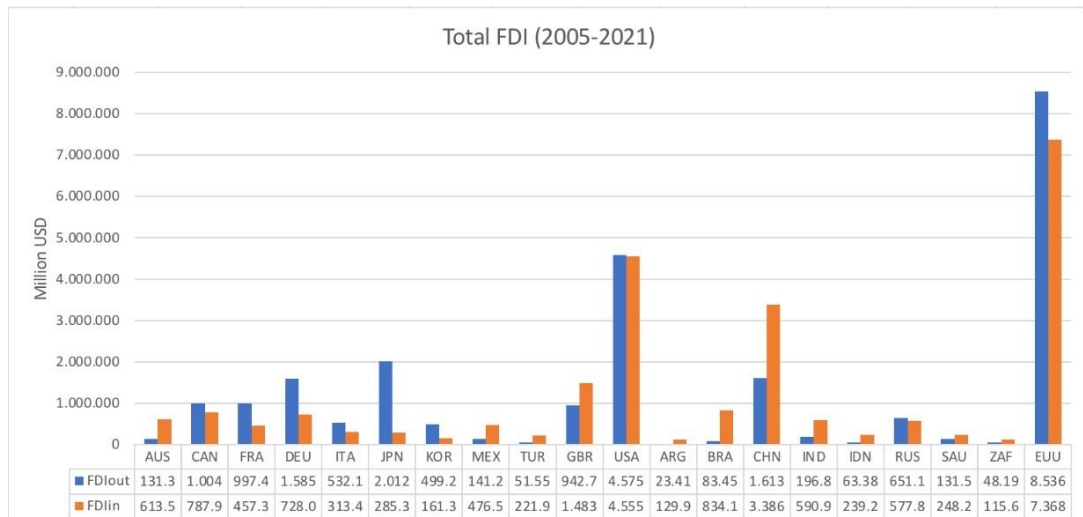
Sumber: Climate Watch, diolah.

Tingkat Emisi CO₂

Pada tahun 2012, ekonomi mulai pulih dan permintaan konsumsi energi untuk membantu proses produksi semakin meningkat, sehingga berpengaruh terhadap emisi CO₂ yang mengalami peningkatan hingga 3,5% dan mencapai angka 167,6 MtCO₂e. Dibawah ini adalah gambar emisi CO₂ secara kumulatif. Sejak tahun 1990, sektor manufaktur di Australia telah mengalami kenaikan sebesar 54% dalam menyumbang emisi gas CO₂, akibat meningkatnya industri ekspor LNG (gas alam cair).

FDI Negara G20

Investasi di berbagai negara, khususnya negara maju dan berkembang akan memberikan keuntungan bagi negara yang berinvestasi. Kondisi FDI di setiap negara tentunya akan berbeda, bergantung pada ketersediaan sumber daya kebijakan yang diterapkan di negara tersebut terkait dengan menghasilkan FDI *outflow* sebesar 8.536.635 juta USD dengan perolehan total FDI *outflow* tertinggi pada tahun 2007 sebesar 1.216.176 juta USD dan terendah pada tahun 2020 sebesar 72.992 juta USD untuk periode tahun 2005 sampai dengan 2021.



Gambar 2 Total FDI Negara G20 Periode 2005-2021

Sumber : IMF, diolah.

Sesuai data IMF pada tahun 2021, diketahui bahwa , nilai tertinggi untuk FDI adalah negara Uni Eropa (UE), memiliki total FDI *inflow* sebesar 7.368.276 juta USD, dengan FDI terbesarpada tahun 2007 senilai 805.527 juta USD dan terendah pada tahun 2021 sebesar 138.290 juta USD. Sedangkan Uni Eropa menjadi negara dengan total FDI *inflow* terendah, yaitu hanya sebesar 115.651 juta USD.

Melihat tingginya data dari Kawasan Uni Eropa, ternyata investor yang berasal dari UE merupakan investor yang cukup selektif dalam melakukan penanaman modal. Komisi negara Eropa menetapkan panduan untuk investasi, yang berisi penilaian tingkat resiko melakukan investasi di negara lain, dan panduan investasi ramah lingkungan. Hal ini membuktikan kontribusi nyata kawasan Uni Eropa mampu meningkatkan nilai investasi dengan tetap memperhatikan lingkungan.

GDP Negara G20

Peningkatan produksi yang diiringi dengan permintaan yang tinggi pula dapat turut meningkatkan nilai GDP. Khususnya dalam bidang energi, semakin besar kontribusi penggunaan energi dapat mempengaruhi peningkatan CO₂.

Aliran dana investasi ke suatu negara untuk mendorong pembangunan perekonomian di negara tersebut perlu perhatian khusus dan kebijakan pemerintah yang tepat agar tidak menambah emisi CO₂. Setiap negara tentunya memiliki nilai GDP yang berbeda dan berbagai sektor yang berkontribusi didalamnya. Apabila dilihat dari hasil emisiyang dihasilkan, pada tiga posisi teratas terdapat tiga negara maju yaitu Australia, US, dan Kanada. Sedangkan tiga terendah penghasil emisi adalah negara berkembang yaitu Brazil, India, dan Indonesia. Perekonomian Australia

ditopang oleh sektor pertambangan, mampu mengekspor lebih dari 12% dari total bahan bakar fosil dibandingkan negara G20 lainnya melalui ekspor batu bara. Oleh karena itu, Australia berkewajiban untuk menurunkan emisi CO₂ yang dihasilkan, melalui kebijakan pembatasan ekspor karbon yang dimulai dengan moratorium (penundaan pembayaran hutang) terkait batu bara.

Sektor servis berkontribusi terbesar untuk perekonomian US. Penggunaan layanan transportasi, listrik, gas, hingga air tentunya menghasilkan emisi CO₂ yang cukup signifikan. Untuk mengatasi hal ini, pemerintah US terus meningkatkan upaya transisi energi ke energi listrik dan mengembangkan kebijakan terkait mengolah CO₂ dengan cara mengambil gas tersebut dari hasil pembakaran fosil dan disuntikkan ke bawah tanah menggunakan teknologi yang ada.

Seperti US, perekonomian Kanada ditopang sebesar 70% dari sektor service. pemerintah meningkatkan penggunaan pembangkit listrik yang berbahan dasar non fosil untuk membantu menekan penggunaan batu bara. Selain itu, melalui kebijakan transisi energi untuk kendaraan tanpa emisi, pemerintah mendukung pembangunan infrastruktur pengisian daya kendaraan (sumber daya listrik) yang tersebar di berbagai wilayah yang mudah dijangkau.

Sebagai negara berkembang dengan emisi yang dapat dikatakan cukup rendah, sebesar 74% perekonomian Brazil didorong dari sektor service, namun Brazil tetap mampu menekan emisi CO₂. Hal ini karena Brazil menerapkan kebijakan untuk beralih dari energi fosil menjadi biofuel dalam skala besar, terutama dalam bidang transportasi. Tidak hanya itu, hampir 70% listrik yang mengalir di negara tersebut dihasilkan dari tenaga air, sehingga tidak terjadi pembakaran yang menyebabkan adanya emisi gas CO₂.

Upaya pemerintah India untuk menekan emisi CO₂ yaitu melalui Central Electricity Authority (CEA) India, dengan menyusun program bauran energi hingga 2030, dengan target kapasitas energi non-fosil yang akan digunakan untuk pembangkit listrik yang sebelumnya pada tahun 2019 sebesar 134 GW dan mencapai 522 GW pada tahun 2030, meskipun 39% perekonomian India ditopang dari sektor manufaktur namun Pemerintah India telah mengantisipasi dan mampu menekan emisi CO₂ yang dihasilkan dari proses industri di negara tersebut.

Berdasarkan data yang tersedia, Indonesia merupakan negara dengan emisi CO₂ terendah selama kurun waktu 17 tahun terakhir. Tingginya produktivitas perekonomian dari berbagai sektor industri tentunya menghasilkan emisi CO₂, mengingat Indonesia masih sangat bergantung dengan batu bara dan energi fosil, sebagaimana diketahui kedua sumber daya tersebut menghasilkan emisi CO₂ dengan jumlah besar.

Hasil Regresi Penelitian

Interpretasi melalui pendekatan *first difference* dan *system GMM* dan diperoleh untuk nilai *intercept* dan *slope* dari masing-masing variabel independen dengan pendekatan FD-GMM dan SYS-GMM.

Tabel 1 Estimasi Parameter dengan Pendekatan FD-GMM

Variabel	Koefisien	p-value
Lag CO2	0.8188***	0.000
Ln_FDIin	0.0063	0.056
Ln_FDIout	-0.0026	0.557
GDPind	0.1256**	0.029
GDPtrans	0.0639**	0.010
Constanta	-0.2931	0.151

Variabel	Koefisien	p-value
Lag CO2	0.8188***	0.000
Ln_FDIin	0.0063	0.056
Ln_FDIout	-0.0026	0.557
GDPind	0.1256**	0.029
GDPtrans	0.0639**	0.010
Constanta	-0.2931	0.151

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Tahap selanjutnya adalah pengujian model spesifikasi dengan uji Arellano Bond (AB) dan Uji Hansen/ Sargan. Uji Arellano Bond dengan model *first-difference* menghasilkan data sebagai berikut:

AR1	z = -3.18	Prob > z = 0.0014
AR2	z = -0.31	Prob > z = 0.7534

Sedangkan uji AB dengan model *system GMM* menunjukkan hasil sebagai berikut:

AR1	z = -3.24	Prob > z = 0.0012
AR2	z = -0.17	Prob > z = 0.8589

Berdasarkan Uji AB tersebut diperoleh hasil bahwa pada order 2 model FD-GMM memiliki nilai Prob(0.7534) > 0.05 dan padaorder 2 model FD-GMM memiliki nilai Prob(0.8589) > 0.05. Oleh karena itu menunjukkan estimasi dengan pendekatan FD-GMM dan SYS-GMM adalah konsisten dan tidak terjadi autokorelasi. Untuk pengujian Sargan, diperoleh hasil bahwa

nilai $Prob < 0.05$ sehingga kondisi *overidentifyingrestriction* dalam estimasi model tersebut adalah valid.

Selanjutnya dilakukan uji signifikansi parameter melalui pengujian serempak (uji wald) dan hasilnya pada table 2 menunjukkan bahwa nilai Prob adalah 0.000 dan kurang dari 0.05 sehingga variabel independen pada model yang memberikan pengaruh terhadap variabel dependen secara serempak. Uji signifikansi yang kedua adalah uji parsial, seperti pada table 2 dapat disimpulkan bahwa lag variabel dependen, variabel independen FDIin serta GDP trans memiliki nilai P value < 0.05 . Oleh karena itu lag variabel dependen, FDIin(X1), dan GDP trans (X4) signifikan berpengaruh terhadap emisi CO₂.

Pendekatan dengan model GMM diharapkan dapat memberikan hasil yang konsisten dan tidak bias, dengan demikian dilakukan uji ketidakhiasan model dengan penduka FEM dan PLS dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 3 Hasil Uji Ketidakhiasan

Parameter	PLS	FEM	GMM
Koef Lag CO ₂	0.9798	0.8897	0.9532
Observation	253	253	253
Group	20	20	20

Hasil uji bias antar model diketahui bahwa nilai koefisien model SysGMM adalah 0.9532 yang mana nilai tersebut berada pada nilai koefisien FEM (0.8897) dan nilai koefisien PLS (0.9798) maka dapat disimpulkan bahwa syarat ketidakhiasan model telah terpenuhi.

Beranjak dari hasil analisis data tersebut, diketahui bahwa *Lag* variable CO₂ memiliki pengaruh positif dan signifikan pada emisi gas CO₂. Hal ini ditunjukkan dari koefisien nilai sebesar 0.9532 dan berpengaruh signifikan pada taraf 1%. Nilai dari koefisien yang dihasilkan menyatakan bahwa peningkatan emisi CO₂ di tahun sebelumnya sebesar 1% dengan variable lainnya dianggap tetap, dan akan terjadi peningkatan CO₂ sebesar 0.9532% pada tahun yang berikutnya. Penelitian Bongsuk menyimpulkan bahwa lag variable CO₂ menjadi variable yang sangat berpengaruh terhadap emisi CO₂.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien nilai FDI untuk FDI *in-flow* sebesar 0.0103 dan variable FDI *out-flow* sebesar - 0.0057 dengan signifikansi sebesar 10% untuk FDIin terhadap variable CO₂. Besaran nilai FDIin tersebut berpengaruh dalam meningkatkan emisi CO₂ sebesar 0.0103 persen. Sedangkan FDIout menunjukkan pengaruh negative terhadap emisi gas CO₂.

Namun hasil dari koefisien FDIin menunjukkan pengaruh yang tidak signifikan terhadap emisi CO₂. Berdasarkan hasil tersebut, tidak signifikannya FDI terhadap emisi CO₂ dipengaruhi oleh beberapa factor, salah satunya regulasi pemerintah dalam melakukan penerimaan investasi asing tanpa memilah investasi yang tetap memperhatikan lingkungan. Oleh karena itu, tidak sedikit investasi asing yang dialirkan belum berkontribusi terhadap konservasi lingkungan. Sehingga aliran dana yang diberikan tidak hanya untuk membangun industry dan mendorong perekonomian di negara yang diberikan investasi, namun juga dapat membuat teknologi ramah lingkungan dan melakukan perbaikan terhadap lingkungan di negara tersebut.

GDP dari sector industri menunjukkan hubungan negative dengan variable CO₂ sedangkan GDP sector transportasi menunjukkan hubungan positif dengan nilai koefisien sebesar 0.0558 dengan signifikansi sebesar 10% terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan. Hasil penelitian ini sesuai dengan kondisi perekonomian di negara G20 pada 15 tahun terakhir bahwa peningkatan GDP diikuti dengan peningkatan emisi gas CO₂. Namun pertumbuhan perekonomian secara signifikan dapat mengurangi emisi CO₂ di negara tertentu, dan memberikan efek positif bagi lingkungan bagi beberapa negara Arktik.⁵

Upaya Penurunan Emisi CO₂

Negara G20 memiliki tanggung jawab sebanyak $\frac{3}{4}$ dari total emisi global. Berbagai upaya dan kebijakan terus dilakukan untuk mengatasi hal ini, salah satunya adalah peralihan sektor energi. Konsumsi sektor energi, khususnya energi fosil sebagai bahan produksi dan transportasi memberikan pengaruh yang sangat buruk bagi lingkungan, terutama tingkat produksi CO₂ yang sangat tinggi dihasilkan dari penggunaan energi fosil.

Oleh karena itu, perlunya transisi energi fosil menjadi energi terbarukan (angin, matahari) harus terus digencarkan. Energi fosil dan batu bara, selain memiliki nilai ekonomi yang tinggi, apabila terus dikonsumsi dalam jangka panjang maka akan sampai pada titik bahan baku tersebut tidak lagi tersedia, dan kerusakan lingkungan akibat eksploitasi penambangan tidak terelakkan. Teknologi untuk menghilangkan CO₂ dengan system penyimpanan CO₂ tentunya akan sangat efektif dikembangkan, namun terdapat risiko terkait teknologi ini, yaitu kapasitas penyimpanan CO₂ yang belum pasti, biaya yang diperlukan dan penggunaan dalam skala besar yang belum dapat dipastikan kemampuannya.

KESIMPULAN

Negara G20 memiliki kontribusi sebesar 80% dalam menghasilkan emisi global yang

⁵ Jung-ho Baek, "A New Look at The FDI Income Energy Environment Nexus: Dynamic Panel Data Analysis of ASEAN," *Energy Policy* 91 (2016), <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.045>.

dilatar belakangi oleh perekonomian di negara ini mayoritas ditopang oleh kegiatan industri dan menggunakan energi fosil. Dari tahun ke tahun perubahan produksi emisi CO₂ dari setiap negara anggota G20 cenderung mengalami penurunan, hal ini sebagai bukti nyata kesepakatan pengurangan emisi yang telah disepakati. Berdasarkan forum kesepakatan presidensi G20 yang berfokus pada peningkatan instrument keuangan untuk pembangunan berkelanjutan yang dapat meningkatkan aksesibilitas dan keterjangkauan serta mendorong investasi yang diharapkan dapat mendukung transisi energi.

Implementasi transisi energi dari energi fosil ke energi listrik/ baterai tentunya memiliki kesulitannya tersendiri, mengingat hambatan dan kebutuhan yang berbeda dari setiap negara. Sehingga iklim investasi dapat terus meningkat namun justru menekankan pada investasi yang terkait dengan transisi energi untuk perubahan lingkungan, terutama upaya-upaya mengurangi emisi CO₂. Tentunya tidak hanya perekonomian yang meningkat, iklim lingkungan juga dapat terus membaik.

REKOMENDASI KEBIJAKAN

Berdasarkan temuan dari penelitian ini, Hasil estimasi lag variable CO₂ dapat digunakan untuk melakukan estimasi emisi gas CO₂ pada tahun berikutnya, sehingga kebijakan atau regulaasi yang selanjutnya akan disusundapat memperhatikan upaya untuk menekan emisi CO₂.. Tingginya hasil estimasi terhadap variabel GDP sektor transportasi apabila dibandingkan dengan GDP sektor industri menunjukkan bahwa adanya pengaruh secara langsung yang dihasilkan oleh transportasi kepada emisi CO₂. Oleh karena itu, transisi transportasi yang berbahan bakar fosil perlu segera ditingkatkan menuju bahan bakar dari energi baru terbarukan, sehingga emisi CO₂ dapat dikurangi.

Selain itu, Penanaman Modal Asing Langsung atau FDI tidak memiliki pengaruh signifikansi yang tinggi terhadap emisi gas CO₂, namun GDP sector transportasi menunjukkan hasil yang cukup signifikan terhadap peningkatan emisi CO₂. Oleh karena itu pentingnya mengontrol FDI inflow dan perubahan sector transportasi menjadi transportasi yang lebih ramah lingkungan agar dapat mengurangi emisi CO₂.

Penetapan regulasi yang terbuka dan adil untuk menjaga iklim investasi, dan menerapkan kebijakan investasi dengan mengutamakan kepedulian atas lingkungan. Salah satunya adalah penanaman modal melalui system satu pintu, dan keterbukaan mengenai daerah yang akan menjadi lahan investasi serta kesepakatan untuk membantu konservasi lingkungan di daerah tersebut. Kebijakan untuk meningkatkan kebijakan transisi energi terbarukan, salah satunya energi listrik sebagai alternatif bahan bakar transportasi yang perlu diimplementasikan secara intensif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang merusak lingkungan.

Selain itu, Pemerintah bekerja sama dengan pengelola perusahaan sebaiknya dapat memanfaatkan pertumbuhan ekonomi sebagai sarana dengan mengalokasikan dana untuk riset teknologi terkait upaya peningkatan kualitas lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baek, Jungho. "A New Look at The FDI Income Energy Environment Nexus: Dynamic Panel Data Analysis of ASEAN." *Energy Policy* 91 (2016). <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.045>.
- Kim, Myeong Hwan, dan Nodir Adilov. "The Lesser of Two Evils: An Empirical Investigation of Foreign Direct Investment-Pollution Tradeoff." *Applied Economics* 44, no. 20 (2012). <https://doi.org/10.1080/00036846.2011.566187>.
- Krugman, P. R., M. Obstfeld, dan F. H. Basri. *Ekonomi Internasional: Teori dan Kebijakan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada, 1994.
- Maryam, Javeria. "CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in BRICS: An Empirical Analysis." *IOSR Journal of Humanities and Social Science* 22, no. 2 (2017).
- Riebeek, H. "Global Warming." *The Earth Observatory* (blog), 2010. <http://earthobservatory.nasa.gov>.