PENGARUH PERKEMBANGAN KEUANGAN TERHADAP EMISI CO₂ DI INDONESIA

Muhammad Madyan¹, Deni Kusumawardani², Hasbi Ash Shidiq³

^{1,2,3}Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia
Email Korespondensi: hasbi.ash.idiq-2020@feb.unair.ac.id

Abstract: *This study aims to examine the effect of financial developments on CO₂ emissions in Indonesia from 1980 to 2019 by adding financial developments as a moderating variable using multiple linear regression analysis. The financial development variable is measured using domestic credit to the private sector by banks which is expressed in percent of GDP, while CO₂ emissions are CO₂ emissions generated from the consumption of oil, natural gas, and coal as well as from natural gas combustion and is expressed in MMTonnes units. This study extended the STIRPAT framework as a research model. The results of the study found that financial developments had a negative effect on CO₂ emissions and significantly weakened the positive effects of economic growth on CO₂ emissions. In addition, economic growth, energy consumption, and urbanization negatively affect environmental quality. The results revealed that financial developments have an important role in improving environmental quality and controlling CO₂ emissions.*

Keywords: *Financial development, CO₂ Emission, STIRPAT*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh perkembangan keuangan terhadap emisi CO₂ di Indonesia pada Tahun 1980-2019 dengan menambahkan perkembangan keuangan sebagai variabel moderasi menggunakan analisis regresi linier berganda. Variabel perkembangan keuangan diukur menggunakan kredit domestik ke sektor swasta oleh bank yang dinyatakan dalam satuan persen terhadap PDB, sedangkan emisi CO₂ adalah emisi CO₂ yang dihasilkan dari konsumsi minyak bumi, gas alam, dan batubara serta dari pembakaran gas alam dan dinyatakan dalam satuan MMTonnes. Penelitian ini memperluas kerangka STIRPAT sebagai model penelitian. Hasil penelitian menemukan bahwa perkembangan keuangan berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂ dan secara signifikan memperlemah pengaruh positif pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO₂. Selain itu, pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, dan urbanisasi berpengaruh negatif terhadap kualitas lingkungan. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa perkembangan keuangan memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas lingkungan dan mengendalikan emisi CO₂.

Kata Kunci: Perkembangan keuangan, Emisi CO₂, STIRPAT

1. PENDAHULUAN

Selama beberapa dekade terakhir, pemanasan global dan degradasi lingkungan telah menjadi masalah global yang serius (Zafar dkk., 2019). Emisi gas rumah kaca (GRK) merupakan isu mengkhawatirkan yang terus diperdebatkan di beberapa kalangan, termasuk emisi karbon dioksida (CO₂) sebagai komponen utama di balik tingginya degradasi lingkungan. *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2014) melaporkan bahwa emisi karbon dioksida tersebut telah mengurangi kualitas lingkungan dan menyumbang 76,7 persen dari total emisi gas rumah kaca di negara berkembang. Mengurangi tingkat emisi telah menjadi tantangan kontemporer bagi semua ekonomi di dunia.

Produksi yang cepat dan perkembangan keuangan telah menyebabkan peningkatan konsumsi energi dan menghasilkan pencemaran lingkungan sebagai produk sampingan. Sebagai akibatnya, secara global konsumsi energi primer meningkat 2,9 persen pada tahun 2018. Nilai tersebut hampir dua kali lipat tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata dalam 10 tahun sebesar 1,5 persen (BP, 2019). Selain itu, pertumbuhan konsumsi energi global baru-baru ini menyebabkan peningkatan drastis pada emisi gas rumah kaca (GRK) (Danish & Ulucak, 2020). Emisi karbon dioksida (CO₂) tumbuh sebesar dua persen pada tahun 2018 menjadi 33.890 juta ton dan merupakan pertumbuhan tercepat selama tujuh tahun terakhir (BP, 2019). Penggunaan bahan bakar fosil dan produksi industri menyebabkan emisi CO₂ bertanggung jawab atas 65% emisi gas rumah kaca (IPCC, 2014). Karena ekosistem yang memburuk dan meningkatnya kesadaran untuk meningkatkan dan melindungi kualitas lingkungan, banyak peneliti telah berfokus pada determinan dari degradasi lingkungan. Salah satu faktor yang masih menjadi perdebatan adalah perkembangan keuangan karena hasil yang beragam.

Perkembangan keuangan mengacu pada pilihan suatu negara yang dibuat untuk merangsang kegiatan, termasuk pasar saham, perbankan, dan investasi asing dan domestik. Sistem keuangan yang telah berkembang dapat memberikan kemudahan dalam mengakses modal untuk meningkatkan standar hidup dan meningkatkan pembangunan ekonomi, hal tersebut juga menyebabkan konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca yang lebih tinggi (Saud et al., 2020). Dengan demikian, penyediaan sumber daya keuangan dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi tetapi berdampak buruk pada kualitas lingkungan (Saud & Chen, 2018).

Perkembangan keuangan juga dapat berdampak positif terhadap lingkungan. Sistem keuangan yang berfungsi dengan baik dan ketersediaan modal keuangan yang melimpah mengarah pada adopsi proses produksi baru dan pembelian teknologi canggih yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan, sehingga mengurangi degradasi lingkungan. Selain itu, perkembangan keuangan dan liberalisasi pasar modal memicu interaksi antara saluran keuangan dan menarik investasi asing yang mungkin memiliki kemampuan keuangan dan teknologi yang cukup untuk mentransfer teknologi ramah lingkungan, serta penelitian dan pengembangan ke negara tujuan. Ketersediaan teknologi tersebut dengan biaya rendah memotivasi konsumen untuk

menggunakan sumber energi yang efisien dan meningkatkan investasi dalam proyek ramah lingkungan (Tamazian et al., 2009).

Berdasarkan data dari World Resources Institute - WRI, pada tahun 2014 sepuluh negara penghasil emisi terbesar telah menyumbang sekitar 70 persen emisi di Dunia. Sementara itu, pada tahun 2016, Indonesia menempati peringkat ke-6 sebagai penghasil emisi gas rumah kaca terbesar di Dunia dan peringkat ke-8 bila tidak memperhitungkan emisi dari alih fungsi lahan dan kehutanan - *land use change and forestry* (LUCF). Indonesia menjadi satu-satunya negara ASEAN yang masuk ke dalam sepuluh negara penghasil gas rumah kaca terbesar di Dunia.

Pemerintah Indonesia telah berkomitmen dalam usaha pengurangan emisi gas rumah kaca. Pada tahun 2016, pemerintah Indonesia mengesahkan *Paris Agreement* pada *The United Nation Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) melalui Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 (KLHK, 2018). Pemerintah menargetkan pada Tahun 2030 emisi GRK turun hingga 29 persen dengan usaha sendiri dan mencapai 41 persen dengan bantuan internasional. Sebelumnya, pemerintah mengeluarkan Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) yang meliputi bidang pertanian, kehutanan dan lahan gambut, energi dan transportasi, industri, pengelolaan limbah, serta kegiatan pendukung lain.

Penelitian ini berfokus pada perkembangan keuangan sebagai salah satu faktor yang ditengarai berpengaruh terhadap besarnya emisi CO₂ di suatu negara. Urgensi dilakukannya penelitian ini dikarenakan, pertama Indonesia telah berkomitmen dalam *Paris Agreement* untuk menurunkan emisi gas rumah kaca secara signifikan pada Tahun 2030 sehingga perlu dilakukan studi tentang determinan emisi CO₂ di Indonesia, dimana emisi CO₂ merupakan komponen terbesar dalam emisi gas rumah kaca. Kedua, tidak banyak penelitian yang menganalisis pengaruh perkembangan keuangan terhadap kerusakan lingkungan di Indonesia. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Shahbaz dkk. (2013) yang menunjukkan bahwa perkembangan keuangan berpengaruh positif terhadap perbaikan lingkungan. Namun, dalam penelitian tersebut belum menganalisis efek moderasi dari perkembangan keuangan. Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan analisis lebih jauh mengenai pengaruh perkembangan keuangan terhadap emisi CO₂ di Indonesia, serta efek moderasinya terhadap pengaruh pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi terhadap emisi CO₂. Adapun pertanyaan penelitian: Apakah perkembangan keuangan berpengaruh terhadap emisi CO₂ di Indonesia dan bagaimana efek moderasinya terhadap pengaruh pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi terhadap emisi CO₂ di Indonesia?

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkembangan Keuangan dan Kualitas Lingkungan

Aktivitas yang dilakukan manusia saat ini menjadi salah satu penyebab terjadinya kerusakan lingkungan. Salah satu gas yang dihasilkan dari aktivitas manusia adalah CO₂ atau karbon dioksida (Shahbaz et al., 2018). Karbon dioksida sendiri dihasilkan baik dari proses produksi maupun konsumsi sehingga karbon dioksida umumnya

dianggap indikator paling tepat untuk menunjukkan tingkat polusi udara (Vo et al., 2021).

Beberapa argumen berusaha menjelaskan bagaimana pengaruh aktivitas manusia mempengaruhi kerusakan lingkungan melalui aspek yang lebih spesifik salah satunya adalah *financial development* atau perkembangan keuangan. Hasil yang didapatkan beragam, mulai dari memiliki pengaruh positif, negatif, bahkan tidak signifikan. Perkembangan keuangan bisa jadi menguntungkan dan merugikan bagi lingkungan (Bui, 2020). Tamazian & Rao (2010) menguji pengaruh perkembangan keuangan terhadap kerusakan lingkungan dengan menggunakan FDI (*Foreign Direct Investment*) sebagai indikator. Tamazian & Rao (2010) menemukan bahwa arus masuk FDI yang lebih tinggi dapat membantu mengurangi CO₂ per kapita yang lebih rendah emisi. Tamazian & Rao (2010) juga menegaskan bahwa liberalisasi keuangan mungkin akan berbahaya jika tidak dicapai dengan kelembagaan yang kuat.

Meningkatnya perkembangan keuangan suatu negara dapat menjadi titik awal sebuah negara untuk lebih memperhatikan kondisi lingkungannya. Zaidi et al. (2019) dan Shahbaz et al. (2013) menunjukkan bahwa perkembangan keuangan dan keterbukaan perdagangan mampu menekan emisi CO₂. Adanya perkembangan keuangan akan mendorong tingginya pengetahuan bagi perusahaan akan perusahaan yang lebih ramah lingkungan sehingga membuat proses produksi tidak merusak lingkungan. (Adaman et al., 2011; Jalil & Feridun, 2011; Khan et al., 2017; Shahbaz et al., 2013).

Lebih spesifik, Bui (2020) menjelaskan dua jalur perkembangan keuangan dalam memperburuk degradasi lingkungan. Pertama adalah melalui jalur ketimpangan pendapatan. Setiap negara berharap angka ketimpangan memiliki nilai yang rendah dimana untuk lingkungan produsen baik perusahaan besar maupun perusahaan kecil dapat mengakses sumber keuangan dengan mudah. Ketika perusahaan dapat mengakses sumber dana dengan mudah akan kembali pada argumen awal yakni semakin besar produksi kemungkinan kerusakan lingkungan akan semakin besar pula. Kedua, melalui permintaan konsumsi energi yang meningkat. Saat perkembangan keuangan di suatu negara meningkat akan mempengaruhi konsumen untuk membeli barang-barang seperti mobil, rumah dan perlengkapan rumah lainnya yang membutuhkan energi lebih. Hal ini akan membuat konsumsi energi bertambah dan memperburuk keadaan lingkungan, Terakhir adalah jalur pertumbuhan ekonomi, jalur ini paling umum karena sudah tertuang dalam EKC (*Environmental Kuznet Curve*) dimana pertumbuhan ekonomi menyebabkan kerusakan lingkungan pada fase awal lalu fase kedua masuk pada tahap perekonomian industri. Pada tahap terakhir atau fase ketiga adalah fase perekonomian pascaindustri yang lebih memperhatikan kerusakan lingkungan sehingga kurva menurun dan degradasi lingkungan bisa ditekan seiring meningkatnya kapasitas ekonomi. (Vo et al., 2021).

Hasil studi yang melihat hubungan antara perkembangan keuangan dan kerusakan lingkungan tidak hanya menunjukkan hubungan yang negatif. Beberapa penelitian (Lu, 2018; Sadorsky, 2010; Zhang, 2011) menunjukkan hasil yang sebaliknya yakni saat perkembangan keuangan meningkat akan memicu kerusakan lingkungan. Bui (2020)

menjelaskan bahwa terjadinya perkembangan keuangan yang pesat artinya memberikan kemudahan dalam sistem keuangan dan akan memicu biaya yang lebih rendah, dengan biaya yang lebih rendah perusahaan akan dengan mudah meningkatkan skala ekonomi yang akhirnya dapat membuat perekonomian menggeliat. aktivitas ekonomi yang meningkat inilah yang akan menyumbang polusi yang lebih besar lagi.

Studi terdahulu menjelaskan dengan kompleks bagaimana pengaruh perkembangan keuangan terhadap kerusakan lingkungan. Hasil yang beragam juga ditunjukkan dari banyaknya penelitian-penelitian tersebut. Beberapa penelitian menarik lainnya juga muncul sebagai pembaruan salah satunya adalah Mushtaq & Ahmed (2021) yang menguji perkembangan keuangan sebagai variabel moderasi. Penemuannya mencapai kesimpulan bahwa sistem keuangan yang lebih baik akan menuntun pada energi yang lebih ramah lingkungan dan menekan produksi CO₂. Katircioğlu & Taşpinar (2017) yang menggunakan dua model berbeda yakni model utama dan model yang memasukkan variabel interaksi juga menemukan hal yang serupa. Perkembangan keuangan memoderasi efek dari output terhadap CO₂ dalam jangka pendek secara negatif.

2.2. Model STIRPAT

Banyak studi yang telah melihat bagaimana pengaruh hubungan antara aktivitas yang dilakukan manusia yang dalam hal ini adalah aktivitas ekonomi terhadap lingkungan. Berbagai cara dilakukan untuk melihat dampak aktivitas ekonomi terhadap degradasi lingkungan salah satu yang banyak dibahas adalah penggunaan model IPAT (*Impact-Population-Affluence-Technology*). IPAT pertama kali di perkenalkan oleh Ehrlich & Holdren (1969) dan dinyatakan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$I = P \times A \times T$$

IPAT sendiri menunjukkan bahwa dampak lingkungan (*Impact-I*) ditentukan oleh faktor pendorong kepadatan populasi (*population-P*), kesejahteraan (*affluence-A*), dan teknologi (*technology-T*) (Danish et al., 2021). Faktor pendorong kesejahteraan pada umumnya menunjukkan produksi atau konsumsi perkapita dan teknologi menunjukkan dampak per unit dari konsumsi dan produksi (York et al., 2003). Faktor-faktor pendorong pada IPAT mempengaruhi dampak terhadap lingkungan tidak secara independen namun secara bersama-sama (York et al., 2003).

Penggunaan IPAT dalam melihat perubahan pada lingkungan dipercaya sebagai model yang paling mudah dipahami (Chertow, 2000; Hubacek dkk., 2007; Rosa & Dietz, 1998; Yao et al., 2020). Selain itu Magee & Devezas (2018) juga menegaskan bahwa IPAT adalah model yang sederhana dan transparan. Feng et al. (2009) menggunakan IPAT dalam penelitiannya karena dua hal, pertama karena memungkinkan untuk mengidentifikasi hubungan antara kekuatan pendorong dan dampak lingkungan secara eksplisit dan kedua adalah untuk menunjukkan dampak sebagai interaksi kekuatan pendorong melalui perkalian faktor.

Model IPAT memiliki kesederhanaan sehingga dapat memudahkan penggunaannya, namun dalam perkembangannya model ini menjadi perdebatan karena keterbatasannya. York et al. (2003) mengatakan bahwa salah satu keterbatasan yang dimiliki model IPAT adalah model ini tidak mengizinkan pengujian hipotesis. Selain itu, pada model ini mengasumsikan proposionalitas pada fungsi diantara faktor pendorong sedangkan model IPAT sendiri tidak mudah membiarkan adanya efek non-monotonik dan non-proposional dari faktor pendorong. Feng et al. (2009) menunjukkan keterbatasan lain dari model IPAT yakni hanya didasarkan pada informasi yang sangat agregat atau keseluruhan sehingga tidak dapat menjelaskan secara eksplisit pergeseran struktural ekonomi dan interaksi antara sektor yang berbeda. Fakta ini dipertegas oleh Rosa & Dietz (1998) bahwa model IPAT tidak cukup menyediakan kerangka kerja yang dapat mengakomodasi berbagai macam faktor pendorong dari perubahan lingkungan antropogenik.

Keterbatasan pada model IPAT memicu adanya pembaruan. Rosa & Dietz (1998) melakukan reformulasi pada model IPAT menjadi model stokastik. Model ini dikenal dengan *Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology* atau STIRPAT dan memiliki bentuk persamaan sebagai berikut:

$$I_i = aP_i^b A_i^c T_i^d e_i$$

Konsep mendasar yang ditekankan oleh Rosa & Dietz (1998) pada model STIRPAT adalah mengubah *accounting model* menjadi model umum linier. Model STRIPAT memiliki parameter (a, b, c, dan d) dan e sebagai *error term* (Rosa & Dietz, 1998). Kelebihan dari model STRIPAT adalah fleksibel dan bisa dikembangkan untuk memasukkan beberapa faktor tambahan dan kuadrat (Ahmed et al., 2019). Variabel *Impact* sebagai variabel yang mewakili dampak atau kerusakan pada lingkungan pada umumnya menggunakan CO₂ sebagai indikator (Danish et al., 2021; Hubacek dkk., 2007; York et al., 2003). Namun seiring berkembangnya studi, beberapa indikator-indikator baru muncul seperti Geneidy et al. (2021) yang menggunakan *carbon footprint* atau jejak karbon. Variabel *Affluence* pada umumnya direpresentasikan melalui PDB per kapita (Chertow, 2000; Roy et al., 2017; Waggoner & Ausubel, 2002). Selanjutnya, salah satu indikator yang digunakan sebagai Variabel *Technology* salah satunya intensitas karbon (Brizga et al., 2013).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder berbentuk *time series* periode tahun 1980-2019 dengan studi kasus di Indonesia. Data Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita atas dasar harga konstan Tahun 2015 dinyatakan dalam satuan US\$, urbanisasi (URB) diukur dengan jumlah penduduk perkotaan dibandingkan jumlah populasi dinyatakan dalam satuan persen, dan perkembangan keuangan (FD) yang diukur menggunakan proksi kredit domestik ke sektor swasta oleh bank dinyatakan dalam satuan persen terhadap PDB diperoleh dari Bank Dunia (*World Bank*), sedangkan data emisi CO₂ (CO₂) yang dinyatakan dalam satuan MMTonnes dan konsumsi energi (EC) yang dinyatakan dalam satuan BOE (*Barrel of Oil Equivalent*) atau setara barel minyak

diperoleh dari EIA (*Energy Information Administration*). Sementara itu, $FD \cdot PDB$ dan $FD \cdot EC$ merupakan variabel interaksi antara variabel PDB dan FD, serta EC dan FD. Keduanya digunakan untuk mengetahui efek moderasi yang ditimbulkan oleh perkembangan keuangan terhadap pengaruh dari PDB dan EC terhadap CO_2 . Teknik tersebut diadopsi dari Mushtaq dan Ahmed (2021) yang menganalisis efek moderasi perkembangan keuangan dengan menggunakan data panel di 25 negara.

Penelitian ini menggunakan metode analisis Regresi Linier Berganda dengan memanfaatkan E-Views sebagai perangkat lunak pengolah data. Dalam prosesnya ditemukan masalah dalam uji asumsi klasik dan untuk mengatasinya maka digunakan Regresi Robust Least Square untuk mendapatkan koefisien yang *robust* atau kebal terhadap pelanggaran asumsi klasik. Koefisien estimasi ini biasa disebut dengan istilah Huber White. Selanjutnya, dengan mengadopsi model STIRPAT dan menambahkan variabel FD, $FD \cdot PDB$, dan $FD \cdot EC$ untuk menyesuaikan dengan tujuan penelitian ini, maka dibangun model (1) sebagai model empiris, dimana semua variabel dalam model diubah ke dalam bentuk logaritma natural (ln).

$$\ln CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \ln PDB_t + \beta_2 \ln URB_t + \beta_3 \ln EC_t + \beta_4 \ln FD_t + \beta_5 \ln FD_t * \ln PDB_t + \beta_6 \ln FD_t * \ln EC_t + e \quad (1)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. menyajikan deskripsi statistik dari masing-masing variabel yang digunakan dalam penelitian. Emisi CO_2 memiliki nilai minimum sebesar 72,18 MMTonnes dan nilai maksimum sebesar 563,54 MMTonnes. Rata-rata dari emisi CO_2 selama 40 tahun periode observasi adalah sebesar 264,20 MMTonnes dengan standar deviasi sebesar 141,37.

Sementara itu, pada variabel independen, PDB memiliki nilai minimum sebesar 1.072,61 US\$ dan nilai maksimum sebesar 3.877,38 US\$. Rata-rata dari PDB selama 40 tahun periode observasi adalah sebesar 2.122,16 US\$ dengan standar deviasi sebesar 803,73. URB memiliki nilai minimum sebesar 22,10 persen dan nilai maksimum sebesar 55,99 persen. Rata-rata dari URB selama 40 tahun periode observasi adalah sebesar 39,96 persen dengan standar deviasi sebesar 10,71. EC memiliki nilai minimum sebesar 199.549.555,90 BOE dan nilai maksimum sebesar 1.386.979.268,68 BOE. Rata-rata dari EC selama 40 tahun periode observasi adalah sebesar 691.699.010,84 BOE dengan standar deviasi sebesar 350.300.618,43. Variabel independen yang terakhir adalah FD yang memiliki nilai minimum sebesar 9,53 persen terhadap PDB dan nilai maksimum sebesar 60,82 persen terhadap PDB. Variabel FD memiliki rata-rata sebesar 30,82 persen terhadap PDB dalam 40 tahun periode observasi dengan standar deviasi sebesar 13,60.

Tabel 1. Deskripsi Statistik Variabel

	CO2	PDB	URB	EC	FD
Mean	264.20	2122.16	39.96	691699010.84	30.82
Median	251.82	1951.21	41.40	671666033.13	26.59
Maximum	563.54	3877.38	55.99	1386979268.68	60.82
Minimum	72.18	1072.61	22.10	199549555.90	9.53
Std. Dev.	141.37	803.73	10.71	350300618.43	13.60

Sementara itu, hasil regresi disajikan pada Tabel 2. Adjusted R-Squared sebesar 0,7807 menunjukkan bahwa variabel independen yang digunakan dalam model mampu menjelaskan variabel dependen, dalam hal ini emisi CO₂ sebesar 78,07 persen, sedangkan 21,93 persen lainnya dijelaskan oleh variabel lain di luar model.

Penelitian ini menggunakan asumsi nilai alpha sebesar 10 persen atau 0,1 sehingga dalam melakukan uji parsial, hipotesis null (koefisien=0) diterima apabila nilai Prob. > 0,1 dan hipotesis null tidak diterima apabila nilai Prob. < 0,1. Tabel 2. menunjukkan bahwa masing-masing variabel independen memiliki nilai Prob. < 0,1 sehingga hipotesis null tidak diterima dan dapat diinterpretasikan bahwa semua variabel independen yang digunakan secara parsial berpengaruh signifikan terhadap emisi CO₂.

Tabel 2. Hasil Regresi

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-10.3645	1.3563	-7.6419	0.0000
PDB	1.1180	0.2962	3.7751	0.0002
URB	0.6635	0.3520	1.8848	0.0595
EC	0.3187	0.1616	1.9722	0.0486
FD	-0.9874	0.3685	-2.6797	0.0074
FD*PDB	-0.2683	0.0834	-3.2186	0.0013
FD*EC	0.1496	0.0426	3.5149	0.0004
Adjusted R-Squared		0.7807		

Nilai positif koefisien PDB menunjukkan bahwa PDB per kapita sebagai salah satu proksi pertumbuhan ekonomi berpengaruh positif terhadap emisi CO₂. Kenaikan sebesar 1 persen dapat meningkatkan jumlah emisi sebesar 1,1180 persen dengan asumsi *ceteris paribus*. Hasil tersebut sejalan dengan hasil penelitian Godil dkk. (2020), Nathaniel dkk. (2020) dan Zhao dkk. (2020). Pertumbuhan ekonomi yang disertai dengan peningkatan konsumsi energi dan sumber daya alam yang signifikan dapat menjadi penyebab kerusakan lingkungan. Terlebih lagi energi yang digunakan bukanlah energi yang terbarukan, sehingga emisi CO₂ yang dihasilkan begitu besar. Sementara itu, Godil dkk. (2020) mengeksplor lebih jauh dengan menguji hipotesis EKC (*Environmental Kuznets Curve*) di Turki. Hasil penelitiannya mengonfirmasi hipotesis EKC yang menyatakan bahwa pertumbuhan ekonomi menyebabkan peningkatan kerusakan lingkungan, namun pada tingkat tertentu hal tersebut

mengalami *turning over* sehingga pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi dapat membantu perbaikan kualitas lingkungan.

Urbanisasi berpengaruh positif terhadap emisi CO₂. Semakin tinggi tingkat urbanisasi atau jumlah penduduk yang tinggal di perkotaan maka semakin tinggi jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian dari Ahmed dkk. (2020), Amegavi dan Langnel (2020), Bilgili dkk. (2020), dan Liu dkk. (2017). Urbanisasi menyebabkan permintaan perumahan dan infrastruktur lainnya yang menunjang kehidupan manusia meningkat. Hal tersebut mengarah pada alih fungsi lahan dan berkurangnya lahan terbuka hijau untuk memenuhi kebutuhan perumahan dan infrastruktur penduduk perkotaan lainnya yang terus bertambah. Selain itu, peningkatan permintaan kendaraan dan jasa transportasi juga meningkat seiring meningkatnya jumlah penduduk di perkotaan.

Konsumsi energi berpengaruh positif terhadap emisi CO₂ atau dengan kata lain peningkatan konsumsi energi berdampak negatif terhadap lingkungan. Konsumsi energi memainkan peran penting dalam proses pertumbuhan ekonomi, tetapi kemudian dampaknya terhadap lingkungan bisa negatif. Hal ini dapat disaksikan melalui siklus bahwa kenaikan energi yang dikonsumsi, pertumbuhan ekonomi meningkat dan akibatnya emisi karbon dioksida akan meningkat juga. Hasil tersebut mendukung hasil penelitian dari Bekun dkk. (2020), dan Hao dkk. (2015)

Perkembangan keuangan berpengaruh negatif terhadap emisi CO₂. Adanya perkembangan keuangan mendorong tingginya pengetahuan bagi perusahaan akan perusahaan yang lebih ramah lingkungan sehingga membuat proses produksi tidak merusak lingkungan. (Adaman et al., 2011; Jalil & Feridun, 2011; A. Q. Khan et al., 2017; Shahbaz et al., 2013). Peningkatan pertumbuhan ekonomi dan konsumsi energi menambah permintaan jasa keuangan dan karenanya perkembangan keuangan yang meningkatkan perbaikan kualitas lingkungan dengan mengendalikan emisi CO₂ melalui penerapan kebijakan keuangan yang terorganisir dengan baik dan transparan (Shahbaz dkk., 2013). Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Shahbaz dkk. (2013).

Koefisien negatif FD*PDB menunjukkan bahwa perkembangan keuangan memiliki efek moderasi yang negatif terhadap efek dari pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO₂. Hal tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan pada perkembangan keuangan melemahkan dampak positif pertumbuhan ekonomi terhadap produksi emisi CO₂ sehingga menjadi lebih ramah lingkungan. Hal ini sejalan dengan penelitian Katircioğlu & Taşpinar (2017) dan Mushtaq & Ahmed (2021). Katircioğlu & Taşpinar (2017) menggunakan dua model berbeda yakni model utama dan model yang memasukkan variabel interaksi juga menemukan hal yang serupa. Perkembangan keuangan memoderasi efek dari output terhadap CO₂ dalam jangka pendek secara negatif.

Sementara itu, koefisien positif FD*EC menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan perkembangan keuangan telah memperkuat dampak positif konsumsi energi terhadap tingginya emisi CO₂. Menurut Bui (2020) perkembangan keuangan dapat memperburuk degradasi lingkungan salah satunya adalah melalui jalur

ketimpangan pendapatan. Setiap negara berharap angka ketimpangan memiliki nilai yang rendah dimana untuk lingkungan produsen baik perusahaan besar maupun perusahaan kecil dapat mengakses sumber keuangan dengan mudah. Ketika perusahaan dapat mengakses sumber dana dengan mudah maka semakin besar produksi dan kemungkinan kerusakan lingkungan semakin besar pula.

5. PENUTUP

Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh perkembangan keuangan terhadap emisi CO₂ di Indonesia pada Tahun 1980-2019 dengan menambahkan perkembangan keuangan sebagai variabel moderasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meningkatnya perkembangan keuangan mendukung perbaikan kualitas lingkungan, dalam hal ini ditunjukkan dengan penurunan emisi CO₂. Sebagai variabel moderasi, perkembangan keuangan memperlemah efek positif dari pertumbuhan ekonomi terhadap emisi CO₂ dan memperkuat efek negatif dari konsumsi energi. Penelitian ini juga menemukan bahwa pertumbuhan ekonomi, urbanisasi, dan konsumsi energi berpengaruh positif terhadap kerusakan lingkungan.

Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa perkembangan keuangan memiliki peranan penting dalam mengendalikan kerusakan lingkungan. Perkembangan keuangan yang baik dapat mendorong perusahaan untuk meningkatkan pengetahuannya tentang perusahaan yang ramah lingkungan sehingga membuat proses produksi yang lebih ramah terhadap lingkungan. Melalui penerapan kebijakan keuangan yang baik dan terorganisir pemerintah dapat memberikan dorongan kepada perusahaan-perusahaan untuk membantu meningkatkan kualitas lingkungan dan mengendalikan emisi CO₂.

Penelitian selanjutnya agar dapat menggunakan proksi yang lebih baik dalam mengukur dan mewakili variabel kerusakan lingkungan, serta menggunakan metode analisis yang mampu mengestimasi pengaruh variabel independen dalam jangka panjang maupun jangka pendek.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, Z., Wang, Z., & Ali, S. (2019). Investigating The Non-Linear Relationship Between Urbanization and CO₂ Emissions: An Empirical Analysis. *Air Quality, Atmosphere and Health*, 12(8), 945–953. <https://doi.org/10.1007/s11869-019-00711-x>
- Ahmed, Z., Zafar, M. W., & Ali, S. (2020). Linking urbanization, human capital, and the ecological footprint in G7 countries: an empirical analysis. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102064. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102064>
- Adaman, F., Karalidotless, N., Kumbaroğlu, G., Or, I., Özkaynak, B., & Zenginobuz, Ü. (2011). What Determines Urban Households' Willingness to Pay For CO₂ Emission Reductions In Turkey: A Contingent Valuation Survey. *Energy Policy*, 39(2), 689–698. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.10.042>

- Ahmed, Z., Zafar, M. W., & Ali, S. (2020). Linking urbanization, human capital, and the ecological footprint in G7 countries: an empirical analysis. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102064. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102064>
- Bekun, F. V., Yalçiner, K., Etokakpan, M. U., & Alola, A. A. (2020). Renewed evidence of environmental sustainability from globalization and energy consumption over economic growth in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(23), 29644-29658. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08866-2>
- Bilgili, F., Ulucak, R., Koçak, E., & İlkay, S. Ç. (2020). Does globalization matter for environmental sustainability? Empirical investigation for Turkey by Markov regime switching models. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(1), 1087-1100. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06996-w>
- British Petroleum - BP. (2019). Statistical Review of World Energy. British Petroleum Co, London.
- Brizga, J., Feng, K., & Hubacek, K. (2013). Drivers Of CO2 Emissions in The Former Soviet Union: A Country Level IPAT Analysis from 1990 to 2010. *Energy*, 59, 743-753. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.07.045>
- Bui, D. T. (2020). Transmission Channels Between Financial Development and CO2 Emissions: A Global Perspective. In *Heliyon* (Vol. 6, Issue 11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05509>
- Chertow, M. R. (2000). The IPAT Equation and Its Variants: Changing Views of Technology and Environmental Impact. *Journal of Industrial Ecology*, 4(4), 13-29. <https://doi.org/10.1162/10881980052541927>
- Danish, Ozcan, B., & Ulucak, R. (2021). An Empirical Investigation of Nuclear Energy Consumption and Carbon Dioxide (CO2) Emission in India: Bridging IPAT And EKC Hypotheses. *Nuclear Engineering and Technology*, 53(6), 2056-2065. <https://doi.org/10.1016/j.net.2020.12.008>
- Ehrlich, P. R., & Holdren, J. P. (1969). Population and Panaceas A Technological Perspective. *BioScience*, 19(12). <https://doi.org/10.2307/1294858>
- Feng, K., Hubacek, K., & Guan, D. (2009). Lifestyles, Technology and CO2 Emissions in China: A Regional Comparative Analysis. *Ecological Economics*, 69(1), 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.007>
- Geneidy, E. S., Baumeister, S., Govigli, V. M., Orfanidou, T., & Wallius, V. (2021). The Carbon Footprint of A Knowledge Organization and Emission Scenarios For A Post-COVID-19 World. *Environmental Impact Assessment Review*, 91(July), 106645. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106645>
- Godil, D. I., Sharif, A., Rafique, S., & Jermisittiparsert, K. (2020). The asymmetric effect of tourism, financial development, and globalization on ecological footprint in Turkey. *Environmental science and pollution research*, 27(32), 40109-40120. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09937-0>
- Hao, H., Geng, Y., Li, W., & Guo, B. (2015). Energy consumption and GHG emissions from China's freight transport sector: scenarios through 2050. *Energy Policy*, 85, 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.05.016>

- Hubacek, K., Guan, D., & Barua, A. (2007). Changing lifestyles and consumption patterns in developing countries: A scenario analysis for China and India. *Futures*, 39(9), 1084-1096. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2007.03.010>
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II, and III to The Fifth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC.
- Jalil, A., & Feridun, M. (2011). The Impact Of Growth, Energy and Financial Development on The Environment In China: A Cointegration Analysis. *Energy Economics*, 33(2), 284-291. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.10.003>
- Katircioğlu, S. T., & Taşpınar, N. (2017). Testing the moderating role of financial development in an environmental Kuznets curve: empirical evidence from Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 572-586. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.127>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan - KLHK. (2018). *Laporan Inventaris Gas Rumah Kaca dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim.
- Khan, A. Q., Saleem, N., & Fatima, S. T. (2017). Financial Development, Income Inequality, and CO2 Emissions in Asian Countries Using STIRPAT Model. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(7), 6308-6319. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0719-2>
- Liu, Y., Gao, C., & Lu, Y. (2017). The impact of urbanization on GHG emissions in China: The role of population density. *Journal of Cleaner Production*, 157, 299-309. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.138>
- Lu, W. C. (2018). The Impacts of Information and Communication Technology, Energy Consumption, Financial Development, And Economic Growth on Carbon Dioxide Emissions in 12 Asian Countries. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 23(8), 1351-1365. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9787-y>
- Magee, C. L., & Devezas, T. C. (2018). Specifying Technology and Rebound in The IPAT Identity. *Procedia Manufacturing*, 21, 476-485. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.147>
- Mushtaq, M., & Ahmed, S. (2021). Environmental Kuznets Curve: Moderating role of financial development. *Economic Journal of Emerging Markets*, 13(1), 27-40. <https://doi.org/10.20885/ejem.vol13.iss1.art3>
- Nathaniel, S. P., Nwulu, N., & Bekun, F. (2021). Natural resource, globalization, urbanization, human capital, and environmental degradation in Latin American and Caribbean countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(5), 6207-6221. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10850-9>
- Rosa, E. A., & Dietz, T. (1998). Climate change and society: Speculation, construction and scientific investigation. *International sociology*, 13(4), 421-455. <https://doi.org/10.1177%2F026858098013004002>

- Roy, M., Basu, S., & Pal, P. (2017). Examining The Driving Forces in Moving Toward A Low Carbon Society: An Extended STIRPAT Analysis for A Fast Growing Vast Economy. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19(9), 2265–2276. <https://doi.org/10.1007/s10098-017-1416-z>
- Sadorsky, P. (2010). The Impact of Financial Development on Energy Consumption in Emerging Economies. *Energy Policy*, 38(5), 2528–2535. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.12.048>
- Saud, S., & Chen, S. (2018). An empirical analysis of financial development and energy demand: establishing the role of globalization. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(24), 24326–24337. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2488-y>
- Saud, S., Chen, S., & Haseeb, A. (2020). The role of financial development and globalization in the environment: accounting ecological footprint indicators for selected one-belt-one-road initiative countries. *Journal of Cleaner Production*, 250, 119518. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119518>
- Shahbaz, M., Haouas, I., Sohag, K., & Ozturk, I. (2020). The financial development-environmental degradation nexus in the United Arab Emirates: the importance of growth, globalization and structural breaks. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(10), 10685–10699. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07085-8>
- Shahbaz, M., Hye, Q. M. A., Tiwari, A. K., & Leitão, N. C. (2013). Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2 emissions in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 109–121. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.04.009>
- Tamazian, A., Chousa, J. P., & Vadlamannati, K. C. (2009). Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries. *Energy policy*, 37(1), 246–253. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.025>
- Tamazian, A., & Rao, B. (2010). Do Economic, Financial and Institutional Developments Matter for Environmental Degradation? Evidence from Transitional Economies. *Energy Economics*, 32(1), 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.04.004>
- Vo, D. H., Nguyen, N. T., Vo, A. T., Ho, C. M., & Nguyen, T. C. (2021). Does The Kuznets Curve Apply for Financial Development and Environmental Degradation in The Asia-Pacific Region? *Heliyon*, 7(4), e06708. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06708>
- Waggoner, P. E., & Ausubel, J. H. (2002). A framework for sustainability science: A renovated IPAT identity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(12), 7860–7865.
- Yao, Y., Ivanovski, K., Inekwe, J., & Smyth, R. (2020). Human Capital and CO2 Emissions in The Long Run. *Energy Economics*, 91, 104907. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104907>
- York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and Impact: Analytic Tools for Unpacking The Driving Forces of Environmental Impacts. *Ecological Economics*, 46(3), 351–365. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00188-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00188-5)

- Zafar, M. W., Zaidi, S. A. H., Khan, N. R., Mirza, F. M., Hou, F., & Kirmani, S. A. A. (2019). The impact of natural resources, human capital, and foreign direct investment on the ecological footprint: the case of the United States. *Resources Policy*, 63, 101428. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101428>
- Zaidi, S. A. H., Zafar, M. W., Shahbaz, M., & Hou, F. (2019). Dynamic Linkages Between Globalization, Financial Development and Carbon Emissions: Evidence From Asia Pacific Economic Cooperation Countries. *Journal of Cleaner Production*, 228, 533–543. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.210>
- Zhang, Y. J. (2011). The Impact of Financial Development on Carbon Emissions: An Empirical Analysis in China. *Energy Policy*, 39(4), 2197–2203. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.026>
- Zhao, J., Jiang, Q., Dong, X., & Dong, K. (2020). Would environmental regulation improve the greenhouse gas benefits of natural gas use? A Chinese case study. *Energy Economics*, 87, 104712. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104712>