

DAMPAK PENERAPAN *NET ZERO EMISSION* TERHADAP PERTUMBUHAN FISKAL INDONESIA

Impact of Net Zero Emission to Indonesia Fiscal Growth

Vincent Adyan Cahyaputra^{1*}, Rizka Amalia Mukhlis², Irene Elizabeth³, Estro Dariatno Sihalo⁴

^{1,2,3,4}Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Indonesia

*E-mail korespondensi: vincent20001@mail.unpad.ac.id

Diterima: 30 April 2024 | Direvisi: 01 Mei 2024 | Disetujui: 10 Desember 2024 | Publikasi online: 29 Desember 2024

ABSTRACT

This study has three objectives. First, to estimate the factors affecting the level of energy consumption, especially coal subject to carbon tax. Second, to project the amount of carbon emissions from 2020 to the year of carbon tax implementation (2025) using the Vector Error Correction Model (VECM). Third, to calculate the potential government revenue from the implementation of carbon tax starting from the year of carbon tax implementation (2025) until 2050. This study uses panel data of 33 provinces in Indonesia from 2021 to 2022 and time series data of Indonesia from 1990 to 2020. Research results from Indonesian panel data show that Gross Regional Domestic Product (GRDP) and GRDP per capita have a significant positive influence. The VECM analysis projects that the amount of CO₂ carbon emissions moves dynamically in the 2021 to 2025 time series. The results are then used in the projection of government revenue for the next 25 years with potential government revenue through carbon tax amounting to 6.6 trillion rupiah.

Keywords: Carbon Tax, Emissions, Government Revenue, Panel Data, VECM

ABSTRAK

Penelitian ini memiliki tiga tujuan. Pertama, mengestimasi faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat konsumsi energi, utamanya batubara yang dikenai pajak karbon. Kedua, memproyeksikan jumlah emisi karbon pada tahun 2020 sampai tahun diberlakukannya pajak karbon (tahun 2025) menggunakan Vector Error Correction Model (VECM). Ketiga, menghitung potensi penerimaan negara dari penerapan pajak karbon yang dihitung dimulai dari tahun pemberlakuan pajak karbon (tahun 2025) hingga tahun 2050. Penelitian ini menggunakan data panel 33 Provinsi di Indonesia dari tahun 2021 hingga 2022 dan data deret waktu Indonesia dari tahun 1990 hingga 2020. Hasil penelitian dari data panel Indonesia menunjukkan bahwa Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) dan PDRB per kapita memiliki pengaruh positif dan signifikan. Analisis VECM memproyeksikan bahwa jumlah emisi karbon CO₂ bergerak dinamis pada runtun waktu 2021 hingga 2025. Hasil tersebut kemudian digunakan dalam proyeksi pendapatan negara selama 25 tahun kedepan dengan potensi penerimaan negara melalui pajak karbon adalah sebesar 6,6 triliun rupiah.

Kata kunci: Data Panel, Emisi, Pajak Karbon, Penerimaan Negara, VECM



PENDAHULUAN

Pemanasan global kini telah menjadi salah satu ancaman paling serius di dunia (Lin & Li, 2011). Emisi yang ditimbulkan dari peningkatan jumlah karbon dioksida dan gas rumah kaca menjadi penyebab utama pemanasan global (Elliott & Fullerton, 2014). Saat ini, suhu bumi lebih hangat sekitar 1,1°C dibandingkan dengan kondisi di akhir tahun 1800-an. Para ahli mengungkapkan untuk mencegah memburuknya efek dari perubahan iklim terhadap kelestarian bumi, peningkatan suhu global perlu dibatasi hingga tidak melebihi 1,5°C di masa yang akan datang. Untuk melakukan hal tersebut, seperti yang disebutkan dalam The Paris Agreement tahun 2015, jumlah emisi harus dapat dikurangi hingga 45% pada tahun 2030 dan mencapai nol pada tahun 2050 (United Nations, 2023). Sebanyak 175 negara telah menyepakati dan berjanji untuk melakukan pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) untuk mencapai emisi nol bersih pada beberapa dekade mendatang (IEA, 2021; Adam, 2022).

Salah satu cara untuk mengurangi jumlah emisi adalah dengan melakukan peralihan sistem energi dari bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak dan gas, ke energi terbarukan seperti tenaga surya atau angin (United Nations, 2023). Selain dengan mengalihkan sistem energi dari bahan bakar fosil ke penggunaan energi terbarukan, pengenaan pajak karbon dianggap sebagai instrumen yang paling efektif dari segi biaya dan direkomendasikan oleh para ahli ekonomi dan organisasi internasional untuk mencapai target pengurangan emisi (Tol, 2005; Lin & Li, 2011; Galinato & Yoder, 2010). Fungsi mendasar dari pengenaan pajak karbon adalah sebagai alat regulasi dan kontrol yang berperan sebagai pengendali, pembatas, dan pengubah perilaku individu serta industri agar lebih peduli terhadap lingkungan dengan tujuan utama untuk mengurangi jumlah emisi karbon (Olpah, 2023). Pengenaan pajak karbon akan membuat masyarakat dan industri beralih kepada aktivitas ekonomi hijau yang lebih rendah emisi karbon (Pratama, 2022). Pengadaan pajak karbon dapat mengubah arah substitusi produk bahan bakar yang digunakan pada jangka pendek, yang kemudian akan mengubah struktur produksi dan konsumsi energi, menstimulasi inovasi teknologi rendah karbon, serta investasi untuk peningkatan efisiensi energi dalam jangka panjang (Metcalf, 2009; Lin & Li, 2011; Boyce, 2018; Ellis, 2020).

Namun, pengenaan pajak karbon tidak hanya diharapkan dapat mengurangi jumlah emisi, tetapi akan meningkatkan biaya operasional industri terkait energi dan mempengaruhi perilaku operasional mereka (Zhan, 2018). Pengenaan pajak karbon dapat mengakibatkan kenaikan harga barang dan jasa pada industri yang berhubungan dengan emisi karbon, yang akan mempengaruhi perilaku konsumen dan menghambat pertumbuhan ekonomi. Harga batu bara mengalami kenaikan yang paling tinggi hingga lebih dari 100%. Ada dua kemungkinan reaksi yang dilakukan oleh industri terhadap kenaikan sumber energi: (1) mengganti energi dengan emisi karbon tinggi dengan energi dengan emisi karbon rendah; (2) mengurangi konsumsi energi dengan menurunkan produksi (Yusuf, 2014). Dampak perubahan ini akan beragam bergantung pada jenis industrinya. Semakin tinggi proporsi energi berbasis bahan bakar fosil yang dikonsumsi suatu sektor, akan semakin tinggi dampak yang diderita oleh sektor tersebut. Meskipun pengenaan pajak karbon dapat mendorong inovasi teknologi, guncangan terhadap industri terkait energi juga dapat merembet ke seluruh perekonomian dan menyebabkan penurunan pertumbuhan ekonomi (Wang, 2016). Pengenaan pajak karbon yang efektif perlu dilakukan dengan cara yang bijaksana agar dapat memfasilitasi pergeseran yang terjadi ke arah perekonomian berkelanjutan. Waktu yang tepat dan struktur peraturan pengenaan pajak karbon yang dirancang dengan baik dapat memainkan peran penting dalam mencapai pengurangan emisi karbon dan mendorong pertumbuhan ekonomi (Olpah, 2023).

Sebagai negara pengekspor batu bara dan pemilik pembangkit listrik tenaga batu bara terbesar kelima di dunia, Indonesia, dapat dikatakan, memiliki posisi sangat penting dalam kebijakan perubahan iklim global (Yusuf & Resosudarmo, 2015; CCPI, 2023; Cahyadi, 2024). Indonesia sendiri berkomitmen untuk dapat menurunkan emisi sebanyak 29% melalui usaha sendiri dan sebanyak 41% dengan bantuan internasional pada tahun 2030 mendatang (ENDCI, 2021). Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar, baik dari tenaga surya, tenaga air, panas bumi, angin, dan sumber-sumber lainnya karena letak geografisnya. Hanya 14,5% dari sumber energi terbarukan tersebut yang saat ini sudah dimanfaatkan. Indonesia juga berencana untuk membangun lebih dari 75 gigawatt energi terbarukan dalam 15 tahun ke depan untuk menggantikan seluruh pembangkit listrik tenaga batu bara (Sharma, 2024). Untuk mencapai target ini, Indonesia perlu membangun tambahan 8,9 gigawatt tenaga surya dan 2,9 gigawatt tenaga angin setiap tahun. Upaya ini akan menghasilkan kapasitas tenaga surya dan angin terpasang sebesar 38 gigawatt pada tahun 2030 (EMBER, 2024). Para ahli CCPI menyambut baik rencana Indonesia untuk penghapusan batu bara, bersama dengan target baru yang bertujuan untuk

mencapai 23% penggunaan energi terbarukan pada tahun 2025. Namun, untuk mewujudkan hal tersebut memerlukan pengembangan teknologi dan investasi yang besar. Para ahli juga mencatat bahwa belum ada rencana terperinci untuk penghapusan batu bara, dan mengkritik kesenjangan antara peraturan dan implementasinya. (KLHK, 2021; CCPI, 2023).

Kemudian, untuk mengoptimalkan usaha Indonesia dalam mengurangi emisi karbon dan mencapai target *net zero emission* tahun 2050, Pemerintah Republik Indonesia berkomitmen dengan mengundang berbagai peraturan yang terkait dengan emisi karbon. Dimulai dari Pembangunan Rendah Karbon yang tertuang dalam Peraturan Presiden Nomor 18 Tahun 2020 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Tahun 2020 – 2024 juga yang tertera dalam Peraturan Presiden No. 98 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Target Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional (Presiden Republik Indonesia, 2020; Presiden Republik Indonesia, 2021). Peraturan ini berfungsi sebagai kerangka hukum untuk mengimplementasikan Nationally Determined Contributions (NDC) menuju pembangunan rendah karbon dan ketahanan iklim. Peraturan ini juga mengatur tentang penetapan harga karbon, termasuk pengaturan perdagangan karbon, pungutan karbon, dan pembayaran berbasis hasil (ENDCI, 2021). Dalam mengatur pengenaan pajak karbon, pemerintah telah menerbitkan Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2021 tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan (UU HPP). Dalam aturan tersebut disebutkan bahwa pajak karbon dikenakan atas pembelian barang yang mengandung karbon atau aktivitas yang menghasilkan emisi karbon (Undang-Undang RI, 2021).

Banyak negara telah memberlakukan pajak karbon dengan tujuan yang sama. Hingga saat ini, sekitar 46 negara dan 32 wilayah subnasional di seluruh dunia telah memitigasi peningkatan emisi akibat gas rumah kaca dengan penerapan pajak karbon dengan pengenaan tarif yang bervariasi dan berkisar antara \$3 hingga \$130/ton emisi CO₂ (World Bank, 2020). Pada tahun 1990-an, penetapan pajak karbon mulai muncul di negara-negara Eropa Utara seperti Finlandia pada tahun 1990, Belanda pada tahun yang sama, disusul Norwegia dan Swedia pada tahun 1991 (Sumner, 2011). Finlandia yang merupakan negara pertama yang mengadopsi pajak karbon, mengenakan pajak dengan tarif \$30/metrik ton CO₂. Pada tahun 2000, pemerintah Finlandia memperkirakan bahwa berkat pajak karbon, emisi CO₂ berkurang sebesar 4 juta metrik ton CO₂ antara tahun 1990 dan 1998. Sementara itu, Belanda yang mulai memberlakukan pajak pada tahun 1990 juga mencatat pada tahun 2000 pajak karbon mengurangi emisi CO₂ sebesar 1,7 - 2,7 juta metrik ton CO₂. Dengan adanya peningkatan pajak pada tahun 1999, emisi CO₂ tahunan diproyeksikan akan berkurang sebesar 3,6 - 3,8 juta ton pada tahun 2010 dan 4,6 - 5,1 juta ton pada tahun 2020 (Sumner, 2011).

Di sisi lain, Singapura menjadi negara ASEAN pertama yang memberlakukan pengenaan pajak karbon pada 1 Januari 2019 lalu. Harga karbon ditetapkan sebesar 5 SGD/ton-CO₂e dari tahun 2019 hingga 2023, 25 SGD/ton-CO₂e pada tahun 2024 dan 2025, dan 45 SGD/ton-CO₂e pada tahun 2026 dan 2027, dengan proyeksi 50-80 SGD/ton-CO₂e pada tahun 2030. Selain itu, Malaysia, Thailand, dan Vietnam belum memberlakukan pajak karbon, tetapi telah meluncurkan instrumen berupa carbon credit exchange masing-masing. Sementara itu, Filipina, Myanmar, dan Brunei Darussalam tidak diketahui atau tidak ada pengenaan pajak karbon maupun kredit pertukaran karbon yang telah diberlakukan (Chandra, 2024). Belum banyak penelitian yang dilakukan dengan sumber data Indonesia yang berhubungan dengan penerapan pajak karbon. Namun, telah banyak peneliti yang mencoba untuk memprediksi dampak serta efek yang timbul dari penerapan pajak karbon di Indonesia. Studi yang dilakukan oleh Saputra (2021) mengulas tentang potensi penerimaan negara dari pajak karbon di Indonesia dengan menggunakan benchmark tarif dari penerapan pajak karbon di Afrika Selatan. Sementara itu, penelitian atas penerapan pajak karbon dan potensi penerimaan negara setelah dikeluarkannya Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2021 tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan (UU HPP), telah dilakukan oleh Pratama (2022) dengan berfokus pada emisi karbon dari sektor energi. Seperti yang dijelaskan pada Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2021 tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan (UU HPP) Pasal 13 ayat (8) dan (9), disebutkan bahwa besaran tarif pajak yang diberlakukan adalah paling rendah Rp30 per kilogram karbon dioksida ekuivalen (CO₂e) atau satuan yang setara, dan mengungkapkan bahwa negara Indonesia akan memperoleh penerimaan pajak dari sektor energi sebesar Rp23,651 triliun di tahun 2025 atas pengenaan pajak karbon.

Sementara itu, telah banyak studi yang menggunakan Vector Error Correction Model (VECM) sebagai metode untuk memprediksi jumlah emisi karbon ataupun untuk melihat hubungan kausalitas yang disebabkan oleh adanya emisi karbon. Pada studi yang dilakukan oleh Asumadu-Sarkodie & Owusu

(2017) mengungkapkan bahwa untuk memprediksi perubahan di masa depan pada sebuah deret waktu maka dapat menggunakan VECM. Studinya yang dilakukan di negara Ghana menunjukkan bukti adanya hubungan keseimbangan jangka panjang dari emisi karbon dioksida, perkembangan keuangan, PDB per kapita, industrialisasi, dan populasi terhadap penggunaan energi. VECM menunjukkan bahwa mengurangi penggunaan energi di Ghana dapat mengurangi emisi karbon dioksida. Kemudian, VECM digunakan untuk menyelidiki hubungan jangka panjang dan hubungan sebab akibat antara konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi dan emisi karbon di India dan dijelaskan melalui studi yang dilakukan oleh Vidyarthi (2013) hasilnya menyatakan adanya hubungan jangka panjang antara konsumsi energi, emisi karbon, dan pertumbuhan ekonomi. Studi yang dilakukan oleh Murad (2015) di Bangladesh, menyatakan bahwa VECM menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara emisi CO₂ dan produksi industri, dimana akan diperlukan waktu sekitar 54 tahun untuk mencapai keseimbangan jangka panjang. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Zhao (2018) menyelidiki keterkaitan antara konsumsi energi fosil tunggal, pertumbuhan ekonomi dan intensitas emisi karbon, serta menyajikan struktur konsumsi energi dengan target pembatasan intensitas karbon dan perkiraan tingkat pertumbuhan ekonomi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat elastisitas positif antara konsumsi batu bara, minyak dan gas alam terhadap PDB dan intensitas karbon dalam jangka panjang.

Maka kemudian menjadi menarik untuk dilakukan penelitian mengenai dampak dari implementasi pajak karbon di Indonesia jika telah diterapkan nanti sesuai dengan undang-undang. Untuk mengetahui hal tersebut, ada tiga tujuan utama dari penelitian ini. Pertama, penelitian ini mengestimasi faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat konsumsi energi, utamanya batubara yang dikenai pajak. Kedua, memproyeksikan jumlah emisi karbon pada tahun 2020 sampai tahun diberlakukannya pajak karbon (tahun 2025). Dengan asumsi penurunan 4% setiap tahunnya, perhitungan tahun selanjutnya dihitung menggunakan persamaan sederhana sampai tahun 2050 ketika Indonesia mencapai *net zero emission*. Ketiga, menghitung potensi penerimaan negara dari penerapan pajak yang dihitung dimulai dari tahun pemberlakuan pajak karbon (tahun 2025) hingga tahun 2050. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan perspektif baru terkait penerapan pajak karbon dan target pencapaian *net zero emission* 2050.

METODE PENELITIAN

Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder. Metode pertama pada penelitian ini adalah Regresi Panel dengan menggunakan asumsi Fixed Effect. Data yang digunakan adalah data tahunan 33 provinsi di Indonesia dengan 2 tahun periode dikarenakan data provinsi yang ada masih tergolong sedikit. Metode ini menggunakan variabel sebagai berikut:

Tabel 1. Definisi Variabel

Variabel	Deskripsi	Satuan	Sumber
coal	Jumlah konsumsi batu bara yang dipakai industri untuk sebagai jenis energi.	Kilo Ton	Direktorat Pengendalian Pencemaran Udara
pdrb	PDRB harga konstan 2010 yang dihitung dalam Milyar IDR	Milyar IDR	Badan Pusat Statistik
populasi	Jumlah penduduk berdasarkan provinsi	Ribu Jiwa	Badan Pusat Statistik
coal_p	Harga batu bara tahunan	USD/Ton	Statista
pdrbk	PDB per kapita dari harga konstan 2010 yang dihitung dalam Milyar IDR	Milyar IDR	Badan Pusat Statistik

fdi	Jumlah realisasi penanaman modal dari luar negeri dengan hitungan juta US\$	Juta US\$	Badan Statistik	Pusat Statistik
mys	Angka rata-rata lama sekolah penduduk provinsi	Tahun	Badan Statistik	Pusat Statistik
lifeexpect	Harapan hidup jika pola kematian yang berlaku pada masa kelahirannya tetap sama sepanjang hidupnya	Tahun	Badan Statistik	Pusat Statistik

Tabel 2. Statistik Deskriptif

	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Kuantitas Batu Bara	64	14.691	2.04	9.616	20.51
PDRB	68	12.039	1.134	10.279	14.485
Populasi	70	8.534	1.208	6.57	12.527
Penanaman Modal Asing	70	6.046	1.854	1.775	10.728
Harga Batu Bara	70	342.22	143.307	199.94	484.5
Harapan Hidup	70	70.326	2.443	65.25	75.08
Rata-rata Lama Sekolah	70	8.773	.908	6.76	11.31

Kemudian, metode kedua dalam penelitian ini, adalah proyeksi data runtun waktu dengan menganalisis perubahan yang terjadi dari periode satu ke periode berikutnya. Periode yang dianalisis adalah tahun 1990 hingga tahun 2020 karena keterbatasan kesediaan data di Indonesia. Variabel yang digunakan pada analisis ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Definisi Variabel

Variabel	Deskripsi	Satuan	Sumber
emission	Emisi CO ₂ yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, pembakaran gas, dan pembuatan semen	Kilo Ton	Enerdata
energy_consume	Total konsumsi energi	Myoe	World Bank
gdp	PDB yang dihitung dalam current US\$	Current US\$	World Bank
lifeexpect	Harapan hidup jika pola kematian yang berlaku pada masa kelahirannya tetap sama sepanjang hidupnya	Tahun	World Bank

Teknis Analisis Data

Dengan variabel di atas, model panel bermaksud untuk melihat bagaimana konsumsi batu bara oleh industri didorong oleh faktor dari karakteristik daerah dan penduduknya. Penggunaan variabel PDRB dan PDRB per kapita dibedakan menjadi 2 model. Model data panel ini ditulis sebagai berikut:

$$coal_{it} = \alpha_{it} + pdrb_{it} + pop_{it} + harga_t + fdi_{it} + mys_{it} + lifeexpect + v_{it} + e_{it}$$

$$coal_{it} = \alpha_{it} + pdrb_{pk_{it}} + harga_t + fdi_{it} + mys_{it} + lifeexpect + v_{it} + e_{it}$$

Dikarenakan model disini terkena masalah multikolinearitas, maka dengan menggunakan robust error term dapat menghilangkan masalah tersebut dengan error term yang disesuaikan terhadap model. Model robust ditulis sebagai berikut:

$$coal_{it} = (a - \alpha_{it}) + pdrb_{it} + pop_{it} + harga_t + fdi_{it} + mys_{it} + lifeexpect + v_{it} + e_{it}$$

$$coal_{it} = (a - \alpha_{it}) + pdrb_{pk_{it}} + harga_t + fdi_{it} + mys_{it} + lifeexpect + v_{it} + e_{it}$$

Selanjutnya, berdasarkan literatur empiris mengenai ekonomi hijau, dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat hubungan jangka panjang antara emisi, konsumsi energi, dan pertumbuhan ekonomi (Aftab, et al., 2021; Pao, 2011; Vo, 2019). Dengan literatur empiris tersebut, penelitian ini dilanjut dengan menguji model VECM untuk mendapatkan proyeksi emisi karbon dioksida sebagai berikut:

$$\Delta emission_t = \lambda_0 + \sum \lambda_1 \Delta energy_consume_{t-1} + \sum \lambda_2 \Delta gdp_{t-1} + \sum \lambda_3 \Delta lifeexpect_{t-1} + \sum \lambda \Delta ECT_{t-1} + e_t$$

Di mana:

$$ECT_{t-1} = emission_{t-1} - energy_consume_{t-1} - gdp_{t-1} - lifeexpect_{t-1}$$

Untuk mencapai tujuan proyeksi, penelitian ini menggunakan analisis vector error correction (VECM). Model VECM memungkinkan kita menganalisis interaksi dinamis antara guncangan variabel dalam analisis VAR (Alnour, 2022; Shahbaz, et al., 2013). Analisis VECM digunakan sebab data deret waktu yang diteliti memiliki stasioneritas di tingkat yang sama dan memiliki kointegrasi jangka panjang. Granger menyatakan bahwa metode VECM lebih tepat untuk menguji hubungan kausalitas jika variabel-variabelnya terintegrasi pada I(1) (Granger, 1969). Model ECM memperlakukan semua deret waktu sebagai variabel endogen, sehingga variabel yang diprediksi dapat dijelaskan oleh pengaruh lag-nya sendiri, lag dari variabel lain, serta melalui error correction term dan residual term (Shahbaz, et al. 2013).

Tahapan berikutnya adalah proyeksi emisi karbon dioksida dengan asumsi penurunan 4% setiap tahun sejak penerapan pajak karbon pada tahun 2025 hingga tahun 2050 saat *net zero emission*. Hasil proyeksi jumlah emisi karbon dioksida pada tahun 2025 merupakan hasil proyeksi VECM pada pembahasan sebelumnya. Proyeksi emisi karbon dioksida Indonesia hingga tahun 2050 dapat ditulis dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$EP = c - \left(\sum_{i=1}^{25} y \times 4\% \times c \right)$$

di mana, EP adalah emisi pada tahun proyeksi, c adalah hasil proyeksi emisi tahun 2025 dan y adalah selisih tahun proyeksi menuju tahun 2050.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4. Estimasi Panel

Variabel	ln_batu bara	ln_batu bara
ln_pdrb	15.59*** (3.315)	
ln_populasi	-33.49 (27.28)	
ln_pdrb per kapita		15.81*** (3.024)

harga batu bara	0.000338 (0.00142)	-0.000448 (0.00146)
ln_modal asing	-0.144 (0.258)	-0.156 (0.245)
rata-rata lama sekolah	2.681 (1.697)	2.699 (1.700)
harapan hidup	-1.795 (1.837)	-1.880 (1.765)z'
Constant	213.5 (194.6)	67.12 (119.6)
Observasi	64	64
R-squared	0.350	0.345
Jumlah Provinsi	33	33

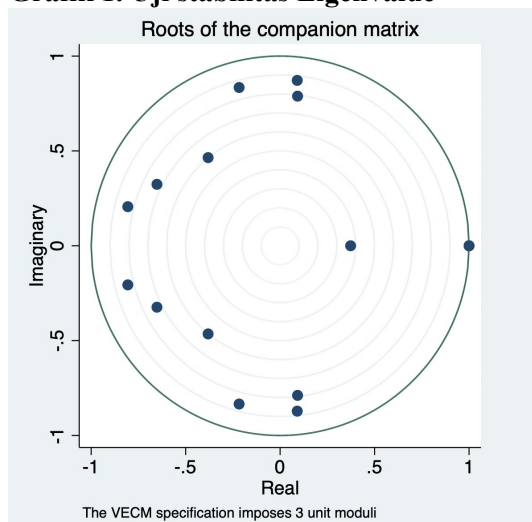
Robust standard errors dalam kurung

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Pada estimasi yang menggunakan PDRB dan populasi, ditemukan bahwa PDRB memiliki nilai signifikan dan bersifat positif pada penggunaan batu bara oleh industri. Setiap peningkatan PDRB 1% akan diikuti oleh peningkatan pembakaran batu bara sebagai energi sebesar 15.59%. Pada estimasi yang menggunakan PDRB per kapita, ditemukan bahwa pertumbuhan PDRB per kapita sebanyak 1% bernilai positif sebesar 15.81% terhadap penggunaan batu bara. PDRB dan PDRB per kapita memiliki nilai yang positif kemungkinan didorong oleh pertumbuhan ekonomi di Indonesia yang masih tergolong energi-intensif dan belum ramah lingkungan. Hal ini sesuai dengan banyak penelitian sebelumnya, dimana negara berkembang masih memproduksi emisi ketika melakukan kegiatan perekonomian negara masing-masing (Zhu, 2012; Sadorsky, 2014; Liddle, 2015; Tiawon, 2020). Ketika sebuah negara memiliki PDB yang besar dan mampu mengurangi bahaya dari emisi terhadap lingkungannya, maka negara tersebut akan berupaya dengan menggunakan energi yang lebih ramah lingkungan atau bahkan energi terbarukan. Hal ini sesuai dengan teori dari Kurva Kuznet bagi lingkungan yang menyatakan bahwa emisi yang diproduksi oleh negara kaya akan menurun pada titik kekayaan tertentu (Kuznet, 1950; Kaika & Zervas, 2013). Penambahan sampel penelitian dapat menerka elastisitas hubungan antara penggunaan batu bara untuk industri dan karakteristik daerah lebih baik.

Untuk melihat potensi penerimaan pajak negara dengan adanya rencana penerapan Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2021 tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan (UU HPP) yang mengatur dan memiliki target nol emisi pada 2050, maka dilakukan peramalan data emisi tahun 2020 - 2025 dengan metode VECM(1,4). Stabilitas model dapat diuji melalui pemeriksaan eigenvalue untuk memastikan bahwa semua eigenvalue berada di dalam lingkaran satuan, yang mengindikasikan bahwa dinamika sistem tidak divergen dan model memiliki sifat stasioner. Grafik 1. menunjukkan bahwa model dinyatakan yang paling sesuai dengan karakteristik data, stabil, dan layak untuk dianalisis lebih lanjut.

Grafik 1. Uji stabilitas Eigenvalue



Dalam jangka panjang, dengan signifikansi 5%, terdapat hubungan positif signifikan antara konsumsi energi dan PDB terhadap jumlah emisi CO₂. Pada tingkat signifikansi 10%, harapan hidup memiliki hubungan positif signifikan terhadap jumlah emisi CO₂. Hal ini menyiratkan bahwa negara berkembang sangat tergantung pada konsumsi energi dalam perkembangan ekonomi yang secara langsung mendukung emisi karbon secara signifikan (Sisodia, 2023; Bilan, 2019; Bekun, 2019).

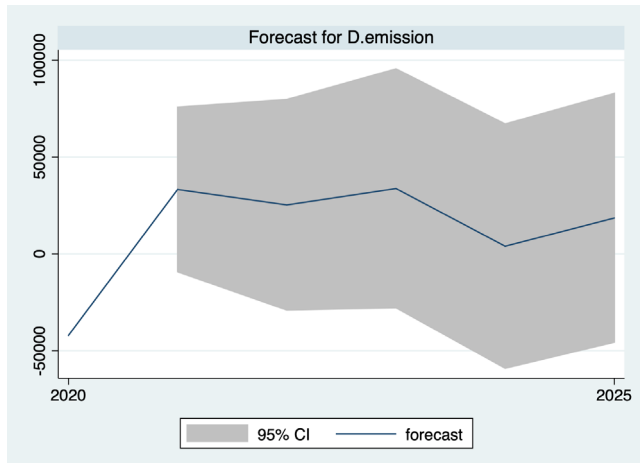
Tabel 5. Deskriptif Statistik Metode VECM

Variabel	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Tahun	31	2005	9.092	1990	2020
Emisi	31	357000	130000	148000	605000
Konsumsi Energi	31	166.806	37.451	98	232
PDRB	31	4.870e+11	3.650e+11	9.545e+10	1.119e+12
Harapan Hidup	31	67.355	2.138	63	71

Tabel statistik deskriptif di atas memberikan gambaran umum mengenai karakteristik variabel yang digunakan dalam penelitian ini. Variabel tahun mencakup 31 observasi dengan nilai rata-rata sebesar 2005 dan standar deviasi sebesar 9,092, menunjukkan rentang waktu analisis dari tahun 1990 hingga 2020. Variabel emisi memiliki nilai rata-rata sebesar 357.000 kiloton dengan standar deviasi sebesar 130.000 kiloton. Nilai minimum emisi tercatat sebesar 148.000 kiloton dan nilai maksimum mencapai 605.000 kiloton, mencerminkan variasi yang cukup besar dalam emisi CO₂ selama periode pengamatan.

Konsumsi energi rata-rata tercatat sebesar 166,806 juta ton setara minyak dengan standar deviasi 37,451, mengindikasikan fluktuasi penggunaan energi antara nilai minimum 98 dan maksimum 232. PDB memiliki rata-rata sebesar $4,87 \times 10^{11}$ rupiah dengan standar deviasi $3,65 \times 10^{11}$ rupiah, menunjukkan tingkat heterogenitas ekonomi yang tinggi, dengan nilai minimum $9,545 \times 10^{10}$ rupiah dan maksimum mencapai $1,119 \times 10^{12}$ rupiah. Harapan hidup memiliki rata-rata sebesar 67,355 tahun dengan standar deviasi 2,138, menunjukkan kisaran antara 63 hingga 71 tahun.

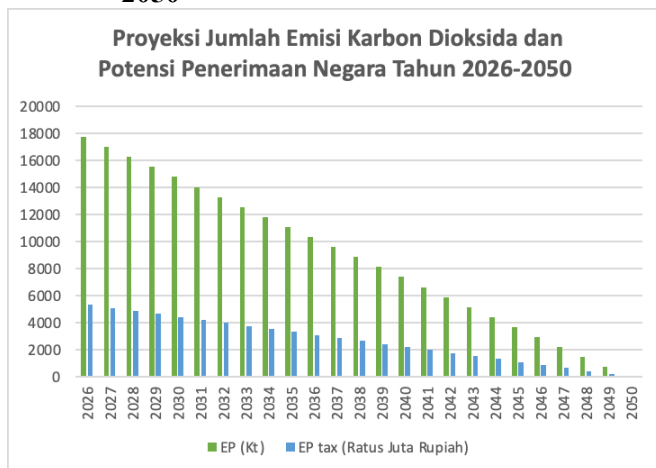
Grafik 2. Peramalan Emisi Karbon Dioksida di Indonesia Tahun 2021-2025



Model VECM pada penelitian ini akan berfokus pada proyeksi emisi karbon dioksida untuk tahun 2021 hingga tahun 2025. Hasil proyeksi pada Grafik 2. menunjukkan bahwa dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%, data emisi bergerak dinamis dengan nilai 33.240,784 Kt pada tahun 2021, 25.249,924 Kt pada tahun 2022, 33.720,055 Kt pada tahun 2023, 3.927,298 Kt pada tahun 2024 dan 18.491,362 Kt pada tahun 2025. Hal ini sejalan dengan penjelasan bahwa pergerakan dinamis dari data emisi CO₂ didorong oleh meningkatnya permintaan akan kualitas hidup yang lebih baik dan peningkatan konsumsi energi (Chang et al., 2023).

Perhitungan potensi penerimaan negara meneruskan hasil proyeksi emisi karbon dioksida pada persamaan proyeksi emisi karbon dioksida Indonesia hingga tahun 2050. Perhitungan potensi ini didapatkan dari asumsi pajak karbon sebesar Rp 30 per kilogram karbon dioksida ekuivalen (CO₂e). Selain itu, asumsi penurunan 4% setiap tahunnya digunakan karena alasan pengadaaan pajak karbon itu sendiri, dimana diharapkan setelah adanya pajak karbon, jumlah emisi karbon dapat ditekan dan menurun.

Grafik 3. Proyeksi Jumlah Emisi Karbon Dioksida dan Potensi Penerimaan Negara Tahun 2026-2050



Penekanan emisi CO₂ penting dilakukan karena emisi CO₂ memiliki dampak negatif terhadap lingkungan (Sisodia, 2023). Hal tersebut mengharuskan pemerintah untuk menetapkan kebijakan yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus meningkatkan pertumbuhan ekonomi, salah satunya adalah dengan pemberlakuan pajak emisi. Penelitian ini menemukan bahwa pemerintah dapat memperoleh potensi penerimaan pajak karbon sebesar 532,55 miliar rupiah pada tahun 2026 dan serendah-rendahnya 22,18 miliar rupiah pada tahun 2049. Indonesia disarankan untuk menyesuaikan kebijakan pertumbuhan ekonomi guna mendukung penurunan emisi secara lebih efektif. Salah satu langkah strategis adalah beralih ke sumber energi yang lebih ramah lingkungan, mengingat penggunaan energi tak terbarukan masih mendominasi berbagai sektor transportasi, industri, dan konsumsi energi rumah tangga. Dalam hal ini, Indonesia didorong untuk mengimplementasikan langkah-langkah yang mendukung adopsi teknologi dan bahan bakar yang lebih bersih, seperti peralatan, mesin, dan kendaraan

hemat energi, untuk optimalisasi dari penerapan pajak karbon yang pada akhirnya akan mendukung penekanan emisi karbon guna mencapai target *net zero emission* pada tahun 2050.

KESIMPULAN

Seluruh negara di dunia, termasuk Indonesia terus berupaya untuk mengurangi efek dari pemanasan global via mengurangi pembakaran energi fosil. Indonesia telah mempersiapkan sistem perpajakan karbon yang akan diimplementasikan pada tahun 2025 nanti untuk mencapai 2050 *net zero emission*. Penelitian ini menemukan bahwa pendorong penggunaan tenaga batu bara di industri diantaranya adalah PDRB dan PDRB per kapita. Disini PDRB dan PDRB per kapita memiliki nilai positif dan signifikan, dimana kegiatan ekonomi memang akan selalu menggunakan energi, baik energi tersebut terbarukan atau bukan. Penambahan jumlah durasi sampel pada estimasi panel penelitian ini dapat meningkatkan akurasi dari penelitian ini, namun terhambat pada data penggunaan energi berskala provinsi di Indonesia yang masih terbatas.

Studi ini menggunakan metode VECM untuk memproyeksikan emisi CO₂ Indonesia pada tahun 2025 dan menghitung potensi penerimaan pajak karbon hingga tahun 2050. Dengan potensi penerimaan pajak sebesar 6,6 triliun rupiah, reformasi kebijakan ekonomi, keuangan, dan energi yang komprehensif sangat diperlukan untuk mendukung penurunan emisi karbon. Salah satu langkah strategis yang direkomendasikan adalah alokasi pendapatan pajak karbon untuk mendukung inisiatif hijau, seperti pendanaan proyek energi terbarukan, pengembangan teknologi ramah lingkungan, dan peningkatan efisiensi energi di sektor industri dan transportasi. Selain itu, investasi pada pendidikan dan pelatihan tenaga kerja terkait teknologi hijau dapat mempercepat transisi menuju ekonomi rendah karbon.

Penekanan dari implementasi pajak karbon juga menghadapi tantangan yang signifikan. Resistensi dari industri terutama sektor berbasis energi fosil menjadi salah satu hambatan utama, mengingat potensi peningkatan biaya operasional dan pengaruhnya terhadap daya saing pasar. Selain itu, hambatan regulasi seperti koordinasi antara pemerintah pusat dan daerah serta transparansi dalam pengelolaan dana pajak karbon dapat mengurangi efektivitas kebijakan. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan strategi komunikasi yang efektif untuk meningkatkan kesadaran industri dan publik tentang manfaat jangka panjang dari pajak karbon. Insentif fiskal juga dapat diberikan kepada perusahaan yang beralih ke praktik ramah lingkungan, sementara penerapan bertahap dari tarif pajak karbon dapat membantu mengurangi beban awal pada industri.

Masyarakat juga menjadi faktor penting dalam tercapainya upaya *net zero emission*. Tidak dapat dipungkiri bahwa industri selalu bergerak mengikuti pangsa pasar apabila dikaitkan dengan elastisitas pasar tersebut. Akan percuma nantinya apabila industri mampu melakukan kegiatan ekonomi tanpa mengeluarkan emisi berlebih, namun masyarakat masih tetap menggunakan barang atau produk yang masih mengeluarkan emisi berlebihan. Salah satu contohnya adalah kebijakan subsidi pemerintah Indonesia terkait pembelian kendaraan elektrik sudah selaras dari upaya mengurangi emisi secara nasional, tetapi fasilitas dan infrastruktur untuk penggunaan kendaraan elektrik sehari-hari juga harus ikut dibangun dan ditingkatkan. Pemasukan dana dari pajak karbon dapat digunakan untuk mempermudah masyarakat agar berpindah dari kendaraan berbahan bakar fosil ke kendaraan elektrik secara keseluruhan.

Dengan kebijakan yang dirancang secara hati-hati, pendapatan pajak karbon dapat menjadi katalisator untuk mempercepat transformasi ekonomi Indonesia menuju keberlanjutan, mengurangi ketergantungan pada energi fosil, dan meningkatkan kesejahteraan sosial melalui investasi pada infrastruktur dan teknologi hijau. Hal ini tidak hanya meningkatkan relevansi praktis kebijakan, tetapi juga memperkuat posisi Indonesia dalam upaya global mencapai *net zero emission*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, S., Delestre, I., Levell, P., & Miller, H. (2022). Tax policies to reduce carbon emissions. *Fiscal Studies*, 43(3), 235–263. <https://doi.org/10.1111/1475-5890.12308>
- Asumadu-Sarkodie, S., & Owusu, P. A. (2017). The causal nexus between energy use, carbon dioxide emissions, and macroeconomic variables in Ghana. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, 12(6), 533–546. <https://doi.org/10.1080/15567249.2016.1225134>

- Bekun, F. V., Alola, A. A., & Sarkodie, S. A. (2019). Toward a sustainable environment: Nexus between CO₂ emissions, resource rent, renewable and nonrenewable energy in 16-EU countries. *Science of the Total Environment*, 657, 1023–1029. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.104>
- Bilan, Y., Streimikiene, D., Vasylieva, T., Lyulyov, O., Pimonenko, T., & Pavlyk, A. (2019). Linking between renewable energy, CO₂ emissions, and economic growth: Challenges for candidates and potential candidates for the EU membership. *Sustainability (Switzerland)*, 11(6), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su11061528>
- Climate Change Performance Index. (2023). *Updated Indonesian NDC is only provisional*. <https://ccpi.org/country/idn/>. Diakses pada 12 Agustus 2023.
- Elliott, J., & Fullerton, D. (2014). Can a unilateral carbon tax reduce emissions elsewhere. *Resource and Energy Economics*, 36(1), 6–21. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2013.11.003>
- Galinato, G. I., & Yoder, J. K. (2010). An integrated tax-subsidy policy for carbon emission reduction. *Resource and Energy Economics*, 32(3), 310–326. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2009.10.001>
- International Energy Agency. (2021). *Pathway to critical and formidable goal of net-zero emissions by 2050 is narrow but brings huge benefits, according to IEA special report*. <https://www.iea.org/news/pathway-to-critical-and-formidable-goal-of-net-zero-emissions-by-2050-is-narrow-but-brings-huge-benefits>. Diakses pada 12 Agustus 2023.
- Hao, L. N., Umar, M., Khan, Z., & Ali, W. (2021). Green growth and low carbon emission in G7 countries: How critical the network of environmental taxes, renewable energy and human capital is. *Science of the Total Environment*, 752, 141853. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141853>
- Kaika, D., & Zervas, E. (2013). The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory-Part A: Concept, causes and the CO₂ emissions case. *Energy Policy*, 62, 1392–1402. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.131>
- Liddle, B. (2015). What are the carbon emissions elasticities for income and population? Bridging STIRPAT and EKC via robust heterogeneous panel estimates. *Global Environmental Change*, 31, 62–73. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.10.016>
- Lin, B., & Li, X. (2011). The effect of carbon tax on per capita CO₂ emissions. *Energy Policy*, 39(9), 5137–5146. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.05.050>
- Mahalik, M. K., Mallick, H., & Padhan, H. (2021). Do educational levels influence the environmental quality? The role of renewable and non-renewable energy demand in selected BRICS countries with a new policy perspective. *Renewable Energy*, 164, 419–432. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.09.090>
- Mehmood, U. (2021). Contribution of renewable energy towards environmental quality: The role of education to achieve sustainable development goals in G11 countries. *Renewable Energy*, 178, 600–607. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.06.118>
- Metcalf, G. E. (2009). Designing a carbon tax to reduce U.S. greenhouse gas emissions. *Review of Environmental Economics and Policy*, 3(1), 63–83. <https://doi.org/10.1093/reep/ren015>
- Murad, M. W., Abdullah, A., Boyle, S., & Amaro, C. R. (2015). Forecasting carbon emission and industrial production using VECM: The case of Bangladesh. *The Journal of Developing Areas*, 49(6), 75–88. <https://doi.org/10.1353/jda.2015.0103>

- Özbay, F., & Duyar, I. (2022). Exploring the role of education on environmental quality and renewable energy: Do education levels really matter. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4(August). <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2022.100185>
- Pojok Iklim oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Mari Kita Membaca Climate Change Performance Index 2021: Bagaimana Posisi Indonesia*. <http://pojokiklim.menlhk.go.id/read/mari-kita-membaca-climate-change-performance-index-2021-bagaimana-posisi-indonesia>. Diakses pada 12 Agustus 2023.
- Pratama, B. A., Ramadhani, M. A., Lubis, P. M., & Firmansyah, A. (2022). Implementasi Pajak Karbon Di Indonesia: Potensi Penerimaan Negara Dan Penurunan Jumlah Emisi Karbon. *Jurnal Pajak Indonesia (Indonesian Tax Review)*, 6(2), 368–374. <https://doi.org/10.31092/jpi.v6i2.1827>
- Presiden Republik Indonesia. (2021). *Undang-Undang Nomor 98 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Target Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional*, pp. 1–68.
- Presiden Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2020 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024*. Sekretariat Presiden Republik Indonesia, 1–7.
- Presiden Republik Indonesia. (2021). *Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2021 Tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan*. 1–119.
- Purwanti, T. (2022). *Pajak Karbon Ditunda Sampai 2025*. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20221013175437-4-379582/pajak-karbon-ditunda-sampai-2025>. Diakses pada 12 Agustus 2023.
- Sadorsky, P. (2014). The effect of urbanization on CO2 emissions in emerging economies. *Energy Economics*, 41, 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.11.007>
- Saputra, A. I. (2021). Pajak Karbon Sebagai Sumber Penerimaan Negara Dan Sistem Pemungutannya. *Jurnal Anggaran Dan Keuangan Negara Indonesia (AKURASI)*, 3(1), 56–71. <https://doi.org/10.33827/akurasi2021.vol3.iss1.art96>
- Sisodia, G. S., Sah, H. K., Kratou, H., Mohnot, R., Ibanez, A., & Gupta, B. (2023). The Long-Run Effect of Carbon Emission and Economic Growth in European Countries: A Computational Analysis through Vector Error Correction Model. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(3), 271–278. <https://doi.org/10.32479/ijeeep.13942>
- Sumner, J., Bird, L., & Dobos, H. (2011). Carbon taxes: A review of experience and policy design considerations. *Climate Policy*, 11(2), 922–943. <https://doi.org/10.3763/cpol.2010.0093>
- Tiawon, H., Irawan, & Miar. (2020). Empirical Assessment for Driving Forces of CO2 Emissions : Application of STIRPART Model on the Leading ASEAN Countries. *Contemporary Economics*, 14(4), 453–465. <https://doi.org/10.5709/ce.1897-9254.418>
- Tol, R. S. J. (2005). The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: An assessment of the uncertainties. *Energy Policy*, 33(16), 2064–2074. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.04.002>
- United Nations. (2023). *For a livable climate: Net-zero commitments must be backed by credible action*. <https://www.un.org/en/climatechange/net-zero-coalition#>. Diakses pada 12 Agustus 2023.
- United Nations. (2023). *What Is Climate Change*. <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>. Diakses Pada 12 Agustus 2023.

- Vidyarthi, H. (2013). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in India. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 10(4), 278–287. <https://doi.org/10.1108/wjstd-07-2013-0024>
- World Bank. (2020). *Pricing Carbon*. <https://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon>. Diakses pada 13 Agustus 2023.
- Yusuf, A. A., & Resosudarmo, B. P. (2015). On the distributional impact of a carbon tax in developing countries: the case of Indonesia. *Environmental Economics and Policy Studies*, 17(1), 131–156. <https://doi.org/10.1007/s10018-014-0093-y>
- Zaidi, S. A. H., Wei, Z., Gedikli, A., Zafar, M. W., Hou, F., & Iftikhar, Y. (2019). The impact of globalization, natural resources abundance, and human capital on financial development: Evidence from thirty-one OECD countries. *Resources Policy*, 64(July), 101476. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101476>
- Zhao, X., & Luo, D. (2018). Forecasting fossil energy consumption structure toward low-carbon and sustainable economy in China: Evidence and policy responses. *Energy Strategy Reviews*, 22(December 2017), 303–312. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.10.003>
- Zhu, H. M., You, W. H., & Zeng, Z. fa. (2012). Urbanization and CO2 emissions: A semi-parametric panel data analysis. *Economics Letters*, 117(3), 848–850. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2012.09.001>