

DAMPAK PENGGUNAAN BAHAN BAKAR FOSIL TERHADAP EMISI KARBON DENGAN PAJAK KARBON SEBAGAI PEMODERASI

Roberto B. T. Omenu, Satriawan Adinugroho

Universitas Mercu Buana Yogyakarta

Yogyakarta, Indonesia

omenurobert@gmail.com, Satriawan2210@gmail.com

ABSTRACT

The Industrial Revolution of the 18th century initiated the massive use of fossil fuels, leading to a drastic increase in carbon emissions. If this is exacerbated, it will result in rapidly rising temperatures and global climate change. As a control function, carbon tax is used to reduce the use of fossil fuels and increase the use of more environmentally friendly energy. This study aims to determine the effect of fossil fuel use on carbon emissions and also to examine the role of carbon tax in moderating fossil fuel use on carbon emissions. Negative externalities are activities that cause adverse impacts on other parties; for this activity, a Pigouvian tax is applied, which is the basis for imposing carbon taxes on activities that produce carbon emissions (negative externalities). The samples used in this study are developed and developing countries that have implemented carbon taxes, with a research range of 2002-2021. The research method used is multiple linear regression analysis and MRA, with a secondary data analysis approach using carbon tax revenue data from the OECD and fossil fuel use and carbon emissions from Our World in Data. The results of this research are that the use of fossil fuels has a significant effect on carbon emissions, and carbon taxes cannot moderate the relationship between the use of fossil fuels and carbon emissions. Based on the results of this research, a carbon tax is not yet a solution to dealing with increasing carbon emissions.

Keywords: Carbon Emissions, Fossil Fuels, Carbon Tax, Friendly Energy.

ABSTRAK

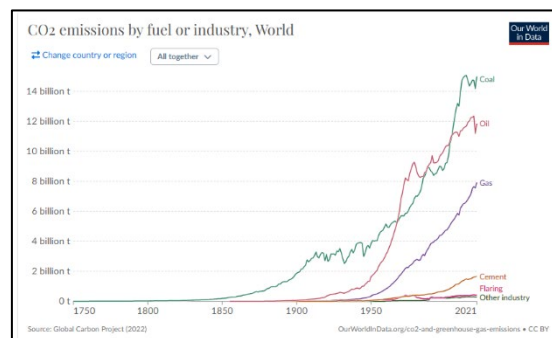
Revolusi industri abad ke-18 telah mengawali penggunaan bahan bakar fosil secara masif yang menyebabkan terjadinya peningkatan emisi karbon secara drastis. Jika kondisi ini semakin diperparah, maka akan menyebabkan kenaikan suhu dan perubahan iklim global secara cepat. Sebagai fungsi control pajak karbon digunakan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sehingga dapat meningkatkan penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar fosil terhadap emisi karbon dan juga untuk mengkaji peran pajak karbon dalam memoderasi penggunaan bahan bakar fosil terhadap emisi karbon. Eksternalitas negatif adalah kegiatan yang menyebabkan dampak merugikan pada pihak lain, atas kegiatan ini diterapkan pajak Pigouvian yang menjadi dasar pengenaan pajak karbon terhadap kegiatan yang menghasilkan emisi karbon (eksternalitas negatif). Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah negara maju dan negara berkembang yang telah menerapkan pajak karbon, dengan rentang waktu penelitian 2002-2021. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis regresi linear berganda dan MRA dengan pendekatan analisis data sekunder menggunakan data pendapatan pajak karbon dari OECD dan penggunaan bahan bakar fosil serta emisi karbon dari *Our World in Data*. Hasil dari penelitian ini yaitu, Penggunaan bahan bakar fosil berpengaruh signifikan terhadap Emisi karbon, dan Pajak karbon tidak dapat memoderasi hubungan antara penggunaan bahan bakar fosil terhadap emisi karbon. Berdasarkan hasil penelitian ini, pajak karbon belum mampu menjadi solusi dalam mengatasi peningkatan emisi karbon.

Kata kunci: Emisi Karbon, Bahan Bakar Fosil, Pajak Karbon, Energi Ramah Lingkungan.

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat konsumsi bahan bakar fosil dimulai dengan munculnya Revolusi Industri pertama pada akhir abad ke-18. Revolusi ini memberikan dorongan penting untuk penggunaan batubara dan mejadikannya elemen sentral dalam aktivitas ekonomi untuk pertama kalinya. Selanjutnya, melalui ekspansi ekonomi seperti industrialisasi, perubahan dalam proses kerja, elektrifikasi, urbanisasi,

motorisasi, dan konsumerisme, telah mempercepat pertumbuhan konsumsi bahan bakar fosil sejak tahun 1950. Tingkat pertumbuhan ini semakin pesat pada masa Revolusi Industri kedua pada akhir abad ke-19, kemajuan pada bidang pembangkit listrik, mesin pembakaran internal, dan produksi pupuk buatan, telah memberikan dasar teknologi yang memungkinkan berbagai aktivitas ekonomi menjadi sangat terkait dengan bahan bakar fosil (Pirani, 2018).



Gambar 1: Emisi CO2 berdasarkan bahan bakar fosil di dunia

Tingginya tingkat penggunaan bahan bakar fosil telah menyebabkan emisi karbon berlebih. Pada tahun 2021, pembakaran bahan bakar fosil secara keseluruhan menyumbang 34,74 miliar ton CO₂ (Gambar1). Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Sekar Palupi et al., 2023) di 12 negara uni Eropa, menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1% dari penggunaan gas alam dan minyak bumi akan memberikan peningkatan pada emisi karbon masing-masing sebesar 0,24% dan 0,71%. (Rezaei Sadr et al., 2022a) dalam penelitian yang dilakukan di 3 negara Eropa Barat (Jerman, Spanyol, dan Perancis) menunjukkan bahwa setiap peningkatan 1% dari penggunaan bahan bakar fosil mengakibatkan pelepasan emisi karbon ke atmosfer sebesar 0,56%. Dilain sisi, hasil penelitian yang dilakukan oleh (Hanif, 2018) di kawasan Asia Timur dan Pasifik menunjukkan hasil yang berbeda, dimana setiap peningkatan konsumsi bahan bakar fosil sebesar 1% akan meningkatkan emisi karbon sebesar 2,59%. Emisi karbon yang disebabkan oleh bahan bakar fosil saat ini merupakan penyumbang terbesar dalam emisi gas rumah kaca, dengan

65% dari total emisi gas rumah kaca (US EPA, 2016).

Emisi gas rumah kaca telah mengganggu keseimbangan energi di Bumi dengan mencegah energi ekstra untuk kembali terpancar ke luar angkasa (Harvey, 2021). Keseimbangan ini terjadi saat jumlah energi yang diterima dari Matahari seimbang dengan energi yang hilang dari Bumi yang kembali ke luar angkasa, hal ini membantu menjaga suhu rata-rata Bumi tetap stabil dan menjaga stabilitas iklim (*The Earth-Atmosphere Energy Balance | National Oceanic and Atmospheric Administration*, n.d.). Inframerah yang merupakan salah satu aliran panas yang dikeluarkan bumi bergerak dengan panjang gelombang 700 hingga 1.000.000 Nm sehingga pada saat di atmosfer inframerah dapat diserap oleh karbon dioksida yang mampu menyerap energi dengan panjang gelombang 2.000 hingga 15.000 Nm. Ketika CO₂ menyerap inframerah, hanya setengah yang mampu keluar ke angkasa dan setengahnya kembali ke Bumi. Hal ini menyebabkan adanya energi panas berlebih yang masuk, namun energi yang keluar berkurang, jika kondisi ini semakin diperparah dengan penambahan gas CO₂, CH₄ dan lainnya ke atmosfer akan menyebabkan kenaikan suhu dan perubahan iklim secara global (*"How Exactly Does Carbon Dioxide Cause Global Warming?," 2021*).

Dengan tingginya emisi karbon hasil penggunaan bahan bakar fosil, banyak negara berupaya menerapkan suatu kebijakan yang dapat meminimalisir tingginya emisi karbon. Salah satu kebijakan tersebut yaitu pajak karbon. Pajak karbon dikenakan pada setiap ton gas karbon yang dilepaskan ke akibat penggunaan bahan bakar fosil dalam kegiatan produksi barang dan jasa (*Addressing Climate Change through Carbon Taxes*, 2021). Penerapan sistem pajak karbon dapat memberi dorongan bagi dunia bisnis dan industri untuk menciptakan proses produksi yang lebih ramah lingkungan. Pengenaan pajak pada emisi karbon akan mendorong investasi pada energi terbarukan dan memicu pengembangan teknologi yang lebih jauh (*Addressing Climate Change through Carbon Taxes*, 2021). Penerapan kebijakan pajak karbon dapat meningkatkan penerimaan negara secara signifikan, yang kemudian dapat digunakan untuk menanggulangi dampak negatif dari emisi karbon atau untuk berinvestasi pada energi hijau serta penyesuaian iklim (*Addressing Climate Change through Carbon Taxes*, 2021).

Berbagai penelitian mengenai efektivitas pajak karbon dalam mengurangi peningkatan emisi karbon telah dilakukan di berbagai negara. (Pretis, 2022) melakukan penelitian terhadap beberapa sektor di British Columbia, hasilnya pajak karbon mampu mengurangi emisi karbon dari sektor transportasi yang merupakan sumber emisi terbesar di wilayah tersebut namun pada beberapa sektor, pajak karbon tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi karbon. (Ghazouani et al., 2021) telah melakukan penelitian yang luas dengan melibatkan 9 negara penghasil emisi terbesar di Eropa dari tahun 1994 hingga 2018 hasilnya pajak lingkungan, seperti pajak karbon, dapat menjadi sebuah kebijakan efektif sebagai alat untuk mencapai iklim bebas emisi dan sumber energi yang lebih bersih di Eropa., (Sekar Palupi et al., 2023) menemukan bahwa kebijakan pajak karbon tidak memengaruhi emisi karbon di 12 negara uni Eropa yang telah diteliti.

Keterbatasan penelitian terdahulu yang lebih berfokus pada negara-negara maju telah memicu minat peneliti untuk menyelidiki efektivitas pajak karbon di negara berkembang, sehingga dapat dibandingkan dengan

efektivitas pajak karbon di negara maju. Penelitian ini menggunakan pendekatan yang berbeda dari penelitian sebelumnya, dengan menggunakan pajak karbon sebagai variabel moderasi untuk mengetahui efeknya terhadap hubungan bahan bakar fosil dengan emisi karbon. Hal ini didasari oleh hukum permintaan, dengan diberlakukannya pajak karbon, permintaan terhadap bahan bakar fosil diharapkan akan menurun karena kenaikan harganya, sehingga tingkat emisi karbon diharapkan dapat berkurang. Jika situasi ini terjadi, maka akan menghasilkan *buffering interactions* dimana pajak karbon sebagai variabel moderasi dapat melemahkan hubungan antara bahan bakar fosil dengan emisi karbon. Penelitian ini diharapkan mampu membuka wawasan teoritis baru mengenai kebijakan pajak karbon yang belum terjamah dalam penelitian sebelumnya, serta mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai efektivitas pajak karbon dalam mengurangi tingkat emisi karbon di negara-negara berkembang dan negara maju.

KAJIAN LITERATUR

Landasan Teori

Eksternalitas Negatif dan Pajak Pigovian

Eksternalitas negatif yaitu kegiatan yang dilakukan oleh individu atau perusahaan yang menimbulkan kerugian kepada pihak lain yang tidak terlibat dalam transaksi (Aisyah et al., 2020). Contoh eksternalitas negatif adalah Polusi udara yang disebabkan oleh kegiatan pabrik yang melepaskan gas berbahaya ke atmosfer, hal ini mengakibatkan masalah lingkungan dan kesehatan (Yuniarti, 2019). Keberadaan eksternalitas negatif perlu diatasi dengan adanya intervensi pemerintah (Ratnawati, 2016).

Untuk mengurangi dampak eksternalitas negatif, salah satu caranya yaitu dengan menerapkan Pajak Pigouvian (*Externality*, n.d.). Pajak Pigouvian adalah pajak atas transaksi pasar yang menimbulkan eksternalitas negatif (*Pigouvian Tax*, n.d.). Pajak Pigouvian akan membuat keseimbangan pasar menjadi efisien secara sosial, karena biaya marginal sosial akan sama dengan biaya marginal swasta (Ruruh Handayani, 2023). Ketika pajak Pigouvian diberlakukan, pasokan aktivitas ekonomi yang

menghasilkan eksternalitas negatif akan berkurang (*What is a Pigouvian Tax?*, 2023).

Hukum Permintaan

Hukum permintaan merupakan acuan dasar pada dunia ekonomi (Prasetyo, 2023). Hukum permintaan menyatakan bahwa jumlah barang yang dibeli berbanding terbalik dengan harga. Dengan kata lain, ketika harga suatu barang semakin tinggi, maka akan semakin sedikit juga jumlah yang diminta (Siregar et al., 2023).

Variabel Penelitian

Emisi Karbon (Y)

Emisi karbon adalah hasil dari pembakaran bahan bakar fosil dan proses produksi semen yang mencakup pelepasan karbon dioksida yang terjadi saat mengonsumsi bahan bakar padat, cair, dan gas, serta selama pembakaran gas (Eurostat, 2023). Emisi karbon berasal dari pelepasan senyawa karbon seperti karbon dioksida (CO₂) dan metana (CH₄) ke atmosfer, senyawa karbon ini memerangkap panas di atmosfer ketika dilepaskan, sehingga mengakibatkan pemanasan global (*Ecolife*). Karbon dioksida adalah kontributor utama dari gas rumah kaca global dengan persentase 76%, sebanyak 65% dihasilkan dari bahan bakar fosil dan proses industri, sisanya 11% dihasilkan dari perusakan hutan dan tanah (IPCC, 2014). Emisi karbon menjadi kontributor perubahan iklim bersama dengan emisi gas rumah kaca, yang dapat menyebabkan pemanasan global atau efek rumah kaca. Emisi karbon berdampak pada lingkungan hidup, kesehatan manusia, hingga ketidakstabilan ekonomi.

Penggunaan Bahan Bakar Fosil (X)

Bahan bakar fosil adalah sumber energi yang berasal dari sisa-sisa makhluk hidup yang terkubur di dalam tanah selama jutaan tahun, seperti minyak bumi, gas bumi, dan batubara. Bahan bakar fosil digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi di berbagai sektor, seperti industri, transportasi, dan listrik (AE Setyono et Al, 2021). Proses pembakaran bahan bakar fosil, menyebabkan karbon dalam bahan bakar tersebut berikatan dengan oksigen di udara, hasil dari proses ini pada akhirnya akan berkontribusi pada peningkatan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer (*Investigasi Ilmu*

Iklim Florida Selatan - Penyebab Perubahan Iklim, n.d.). Peningkatan konsumsi energi fosil berkontribusi pada peningkatan emisi gas rumah kaca, yang mengakibatkan ketidakstabilan iklim, peningkatan suhu bumi, dan kenaikan permukaan air laut (Pertamina, 2020).

Pajak Karbon (M)

Pajak karbon adalah bentuk pajak yang dikenakan atas penggunaan bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara, yang menghasilkan emisi karbon. Pajak karbon merupakan contoh pajak pigovian (Selvi et al., 2020). Pajak karbon adalah suatu kebijakan dalam mengatasi eksternalitas negatif terhadap lingkungan yang disebabkan oleh emisi karbon akibat kegiatan manusia, terutama dalam kegiatan produksi dan konsumsi energi dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara (Aisyah et al., 2020). Tujuan diterapkannya pajak karbon adalah untuk menekan konsumsi bahan bakar fosil sehingga dapat mengurangi emisi karbon (Yuliasih, 2018). Dalam studi yang dilakukan oleh (Sumner et.al, 2011), disebutkan bahwa tingkat pajak karbon yang tinggi memiliki dampak besar dalam mendorong konsumen untuk mengubah pola konsumsi mereka, khususnya dalam mengadopsi sumber energi yang lebih ramah lingkungan. Sebaliknya, tingkat pajak karbon yang rendah hanya memberikan dorongan yang kurang kuat kepada konsumen untuk mengubah perilaku mereka.

Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya telah memberikan wawasan penting tentang hubungan antara konsumsi bahan bakar fosil dan emisi karbon di berbagai negara. Sebagai contoh, penelitian oleh (Martins et al., 2021) menganalisis negara-negara G7 dari 1965 hingga 2018, menemukan bahwa kenaikan 1% dalam konsumsi minyak berkontribusi pada peningkatan emisi CO₂ sekitar 0.49%, konsumsi batu bara dan gas alam juga berdampak, masing-masing sekitar 0.25% dan 0.17%. Selain itu, penelitian lainnya telah dilakukan di wilayah Asia Timur dan Pasifik pada periode 1990-2014 oleh (Hanif, 2018) mendapati peningkatan 1 % konsumsi bahan bakar fosil menyebabkan peningkatan sekitar 2.59% dalam emisi CO₂ di wilayah ini. (Rezaei

Sadr et al., 2022b) meneliti tiga negara Eropa (Jerman, Prancis, Spanyol) dari 1995 hingga 2019, menunjukkan peningkatan 1% dalam penggunaan minyak mentah meningkatkan emisi CO₂ sebesar 0.37%, gas alam sebesar 0.22%, dan batu bara sebesar 0.12%.

Penelitian tentang efek kebijakan pajak karbon terhadap emisi karbon juga memberikan hasil yang signifikan di berbagai negara. (Andersson, 2019) meneliti dampak kebijakan pajak karbon terhadap emisi karbon dioksida (CO₂) dari sektor transportasi di Swedia, menunjukkan bahwa secara empiris pajak karbon bersamaan dengan PPN atas bahan bakar transportasi di Swedia berhasil mengurangi emisi CO₂ secara signifikan, dengan penurunan rata-rata sebesar 11 persen setiap tahunnya, dan sekitar 6 persen penurunan tersebut disebabkan oleh implementasi pajak karbon. (Pretis, 2022) dengan penelitian yang dilakukannya pada beberapa sektor di British Columbia pada tahun 1990 hingga 2016 menunjukkan bahwa pajak karbon berhasil mengurangi emisi CO₂ secara signifikan, terutama pada sektor transportasi, yang merupakan penyumbang terbesar dalam emisi di wilayah tersebut. (Ghazouani et al., 2021) telah melakukan penelitian yang luas dengan melibatkan 9 negara penghasil emisi terbesar di Eropa dari tahun 1994 hingga 2018. Hasil penelitian ini menekankan efektivitas pajak lingkungan, seperti pajak karbon, sebagai alat untuk mencapai iklim bebas emisi dan sumber energi yang lebih bersih di Eropa.

PENGEMBANGAN HIPOTESIS

Berdasarkan uraian pada sub kajian literatur, pengembangan hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Teori eksternalitas negatif menjelaskan bahwa suatu aktivitas ekonomi dapat menimbulkan dampak negatif pada pihak ketiga atau lingkungan yang tidak terlibat dalam kegiatan tersebut. Penggunaan bahan bakar fosil tidak hanya memberikan manfaat langsung kepada konsumen atau produsen, tetapi juga menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan secara keseluruhan. Oleh karena itu, semakin tinggi penggunaan bahan bakar fosil, semakin besar pula emisi karbon yang dihasilkan, yang pada gilirannya dapat

memperburuk perubahan iklim dan merugikan masyarakat secara umum.

H1: Penggunaan bahan bakar fosil berpengaruh positif terhadap emisi karbon

Teori Pajak pigovian menjelaskan bahwa penggunaan kebijakan pajak dapat dijadikan sebagai instrumen untuk mengatasi dampak eksternalitas negatif yang terjadi pada lingkungan dan masyarakat. Pajak karbon merupakan salah satu kebijakan pajak yang dibuat dengan tujuan utama yaitu untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan mendukung upaya mitigasi perubahan iklim. Berdasarkan hukum permintaan, pajak karbon muncul sebagai variabel yang tugasnya untuk menekan tingkat konsumsi bahan bakar fosil. Dengan memberikan tarif pajak, akan membuat biaya yang dikeluarkan oleh konsumen menjadi meningkat. Ketika hal tersebut terjadi, permintaan pasar akan menjadi rendah sehingga tingkat penggunaan bahan bakar fosil pun akan menurun. Dengan demikian, emisi karbon yang dihasilkan secara otomatis akan ikut menurun (Yuliasih, 2018).

H2: Pajak karbon mampu memoderasi pengaruh penggunaan bahan bakar fosil terhadap emisi karbon

METODA PENELITIAN

Pajak karbon telah diterapkan di 27 negara, baik di negara maju maupun berkembang (*Earth.Org*, 2021), namun penelitian yang ada masih berfokus pada negara maju. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi efektivitas pajak karbon dalam mengurangi tingkat emisi karbon di negara berkembang. Penelitian ini menjadi sangat penting karena delapan dari sembilan negara yang sedang mempertimbangkan penerapan pajak karbon, adalah negara berkembang, termasuk Indonesia (*Earth.Org*, 2021). Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga bagi negara-negara tersebut dalam membuat keputusan mengenai implementasi pajak karbon. Penelitian ini juga menginvestigasi pajak karbon yang diterapkan di negara maju sehingga dapat menjadi pembandingan efektivitas pajak karbon di negara berkembang. Fokus lain dari penelitian ini

adalah memahami perbedaan tingkat emisi karbon yang dihasilkan oleh bahan bakar fosil di negara maju dan berkembang. Tujuannya adalah untuk memberikan wawasan yang lebih baik guna merancang tarif pajak karbon yang sesuai dengan konteks masing-masing negara.

Operasionalisasi Variabel

Emisi Karbon (Y)

Variabel emisi karbon dalam penelitian ini diukur menggunakan jumlah emisi yang dilepaskan diudara dalam satuan juta ton per tahun. Satuan ini dipilih karena dapat menggambarkan besarnya dampak lingkungan dan kesehatan dari emisi karbon yang dihasilkan oleh pembangkit listrik berbahan bakar fosil.

Penggunaan Bahan Bakar Fosil (X)

Variabel penggunaan bahan bakar diukur dengan jumlah energi yang dibutuhkan pembangkit listrik pengguna bahan bakar fosil (gas bumi, minyak bumi, batubara) per tahun dalam satuan TWh (terawatt-hours). Satuan ini dipilih karena dapat menggambarkan besarnya konsumsi energi dari sumber-sumber bahan bakar fosil yang menghasilkan emisi karbon.

Pajak Karbon (M)

Variabel pajak karbon diukur dengan jumlah pendapatan yang diterima dari pajak karbon dalam satuan dolar Amerika. Satuan ini dipilih karena dapat menggambarkan besarnya insentif ekonomi yang diberikan kepada pelaku kegiatan ekonomi yang menghasilkan emisi karbon untuk mengurangi dampak negatifnya.

Sampel

Penelitian ini menggunakan metode purposive sampling, yang merupakan teknik pengambilan sampel yang didasarkan pada tujuan penelitian dan kriteria tertentu. Data mengenai pajak karbon yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Organisasi Kerja Sama dan Pembangunan Ekonomi (OECD). Dari tujuh negara berkembang yang telah menerapkan pajak karbon, hanya Kazakhstan dan Kolombia yang memiliki data pajak karbon yang dapat diakses dalam basis data OECD. Dalam rangka mengidentifikasi dampak jangka panjang dari pajak karbon, peneliti memilih untuk memusatkan perhatian pada Kazakhstan, yang telah menjalankan pajak karbon sejak tahun 2002. Sementara itu, Kolombia baru memulai penerapan pajak karbon pada tahun 2016.

Untuk membandingkan efektivitas pajak karbon di Kazakhstan, peneliti juga memilih negara maju yang telah menerapkan pajak karbon sebelum atau pada tahun 2002. Hasilnya, teridentifikasi tujuh negara maju, namun hanya ada 3 negara saja yang memiliki data pajak karbon di OECD yaitu Denmark, Slovenia, dan Norwegia. Dengan demikian, penelitian ini menganalisis dampak pajak karbon pada empat negara, yang terdiri dari satu negara berkembang dan tiga negara maju, dengan rentang periode penelitian dari tahun 2002 hingga 2021. Periode ini sesuai dengan data yang terperinci yang tersedia dalam basis data OECD dan memberikan dasar yang kuat untuk mengevaluasi efektivitas dan kontribusi pajak karbon terhadap penurunan emisi karbon.

Tabel 1: Deskripsi Sampel

Sampel	
<i>Panel A – Pemilihan negara berkembang</i>	
Sampel Awal	7
Dikurangi: Negara yang tidak memiliki data pajak karbon di OECD	(5)
Dikurangi: Negara yang belum menerapkan pajak karbon selama 10 tahun	(1)
Sampel Akhir	1
<i>Panel B – Pemilihan negara maju</i>	
Sampel Awal:	20
Dikurangi: Negara yang menerapkan pajak karbon sesudah tahun 2002	(13)
Dikurangi: Negara yang tidak memiliki data pajak karbon di OECD	(4)
Sampel Akhir:	3

Penelitian ini menggunakan analisis regresi linear untuk menguji pengaruh bahan bakar fosil terhadap emisi karbon. Selanjutnya dilakukan analisis regresi menggunakan *Moderated Regression Analysis* (MRA) pada data panel, dengan menggunakan software IBM SPSS Statistics 21. Analisis ini dipakai untuk melihat sejauh mana pengaruh Pajak Karbon (Z) dalam memoderasi hubungan antara penggunaan bahan bakar fosil (X) terhadap emisi karbon (Y), apakah moderasinya bersifat memperlemah atau memperkuat. Persamaan analisis *Moderated Regression Analysis* (MRA) yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 (X_1 * Z) + \epsilon$$

Keterangan:

Y = Emisi Karbon
a = Konstanta
X₁ = Penggunaan Bahan Bakar Fosil
Z = Pajak Karbon
β₁, β₂ = Koefisien Regresi
X₁*Z = Interaksi antara Penggunaan Bahan Bakar Fosil dengan Pajak Karbon
ε = Tingkat Kesalahan

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Uji Asumsi Klasik

Tabel 2: Uji Asumsi Klasik

Negara	Uji Multikolinearitas		Uji Normalitas	Uji Autokorelasi	Uji Heteroskedastisitas	
	Tolerance	VIF	Asymp. Sig(2-Tailed)	Asymp. Sig(2-Tailed)	Bahan Bakar fosil	Pajak Karbon
Kazakhstan	0,199	5,035	0,954	0,180	0,068	0,304
Slovenia	0,285	3,511	0,745	0,818	0,222	0,329
Norwegia	0,791	1,265	0,995	0,120	0,652	0,655
Denmark	0,765	1,429	0,994	0,818	0,613	0,732

Dalam pengujian multikolinearitas, semua variabel independen dan variabel moderasi di setiap negara sampel telah lulus uji multikolinearitas dengan nilai toleransi lebih besar dari 0,1 dan nilai VIF kurang dari 10. Selanjutnya, uji normalitas menggunakan One-Sample Kolmogorov menunjukkan bahwa semua nilai di setiap negara memiliki nilai Asymp. Sig (2-Tailed) yang lebih besar dari 0,05, sehingga hasil uji menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Pengujian lanjutan menggunakan Runt Test untuk melakukan uji autokorelasi hasilnya data di semua negara sampel memiliki nilai *Asymp. Sig (2-Tailed)* yang lebih besar dari 0,05 hal ini menunjukkan bahwa tidak ada masalah autokorelasi yang signifikan dalam model.

Setelah melalui uji terakhir dalam pengujian asumsi klasik, yaitu uji

heteroskedastisitas, terlihat bahwa semua nilai pada variabel independent (bahan bakar fosil) dan variabel moderasi(pajak karbon) memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat gejala heteroskedastisitas dalam data. Dengan hasil positif pada keempat pengujian asumsi klasik, dapat disimpulkan bahwa data sampel dari setiap negara sampel telah memenuhi semua asumsi klasik. Oleh karena itu, dapat dilakukan uji lanjutan yaitu uji regresi linear.

Analisis Korelasi**Tabel 3: Analisis Korelasi**

		Penggunaan Bahan Bakar Fosil	Emisi Karbon	Pajak karbon
Penggunaan Bahan Bakar Fosil	Pearson Correlation	1	,787**	,851**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000
	N	20	20	20
Emisi Karbon	Pearson Correlation	,787**	1	,706**
	Sig. (2-tailed)	,000		,001
	N	20	20	20
Pajak karbon	Pearson Correlation	,851**	,706**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,001	
	N	20	20	20

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Dari tabel 3 dapat dilihat hasil analisis korelasi pearson pada setiap variabel mempunyai korelasi positif signifikan terhadap variabel lainnya. Penggunaan bahan bakar fosil mempunyai korelasi positif signifikan dengan emisi karbon sebesar 0,000 pada tingkat signifikan 0,05 dan berkorelasi positif dengan

pajak karbon sebesar 0,000 dengan tingkat signifikan 0,05. Sedangkan korelasi antara emisi karbon dengan pajak karbon menunjukkan korelasi positif signifikan sebesar 0,001 pada tingkat signifikan 0,05.

Statistik Deskriptif**Tabel 4: Statistik Deskriptif**

Penggunaan Bahan Bakar Fosil	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Kazaktan	20	398,00	785,00	631,40	121,60306
Slovenia	20	45,00	64,00	54,40	5,01996
Norwegia	20	157,00	176,00	167,70	4,54336
Denmark	20	103,00	231,00	169,50	39,07146

Emisi Karbon	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Kazaktan	20	160,00	332,00	250,40	49,37653
Slovenia	20	13,00	18,00	15,50	1,46898
Norwegia	20	41,00	46,00	44,05	1,43178
Denmark	20	28,00	61,00	44,10	10,34103

Pajak Karbon	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Kazaktan	20	42,76	606,59	314,3890	182,72050
Slovenia	20	34,65	179,20	99,9300	56,43365
Norwegia	20	362,01	656,13	525,2355	96,49942
Denmark	20	505,95	1096,96	764,2815	209,20109

Penerapan pajak karbon di Kazakhstan nampaknya belum mencapai tingkat maksimalnya, terutama jika kita mengukurnya berdasarkan pendapatan pajak karbon dalam bentuk dolar yang diterima dari produk-produk

yang menghasilkan emisi. Hal ini dapat dibandingkan dengan negara-negara maju seperti Slovenia, Norwegia, dan Denmark. Data dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa meskipun tingkat emisi karbon rata-rata Kazakhstan

adalah sekitar 250,4 juta ton, pendapatan pajak karbon yang diterima oleh Kazakhstan hanya mencapai 314,389 juta USD.

Perbandingan ini menjadi semakin mencolok ketika kita membandingkannya dengan negara-negara maju seperti Norwegia dan Denmark. Meskipun tingkat emisi karbon rata-rata Norwegia dan Denmark hampir enam kali lebih kecil dari Kazakhstan, pendapatan pajak karbon yang diperoleh oleh keduanya jauh melebihi pendapatan pajak karbon Kazakhstan. Norwegia memiliki rata-rata 525,23 juta USD dan Denmark 764,28 juta USD setiap tahunnya.

Dengan melakukan perhitungan rata-rata pajak karbon per unit emisi karbon berdasarkan data dalam Tabel 2, dapat digambarkan perbandingan yang menarik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Kazakhstan memiliki pendapatan pajak karbon terendah dari tiga negara lainnya yaitu sekitar 1,2 juta USD per ton emisi karbon, Slovenia sekitar 6,4 juta USD per ton emisi karbon, Norwegia sekitar 11,9 juta USD per ton emisi karbon, dan Denmark memiliki tingkat tertinggi, yaitu sekitar 17,3 juta USD per ton emisi karbon. Tingginya pendapatan pajak karbon yang diperoleh oleh Denmark tampaknya berdampak positif pada penurunan emisi karbon yang paling signifikan

di antara negara-negara dalam sampel ini. Jika kita menghitung penurunan emisi karbon dari awal hingga akhir periode penelitian, yaitu dari tahun 2002 hingga 2021, Denmark mencatat penurunan sebesar 26 juta ton emisi karbon. Norwegia mengalami penurunan sebesar 2 juta ton, sementara Slovenia mengalami penurunan sebesar 4 juta ton.

Namun, situasi yang sangat berbeda terjadi di Kazakhstan, yang malah mengalami kenaikan emisi karbon secara signifikan, yaitu sekitar 117 juta ton. Perbandingan ini menunjukkan bahwa tingkat pajak karbon yang tinggi, seperti yang terjadi di Denmark, tampaknya berhasil mengurangi emisi karbon dengan cukup signifikan. Sebaliknya, Kazakhstan, dengan tingkat pajak karbon yang lebih rendah, tidak hanya gagal mengurangi emisi karbon, tetapi juga mengalami peningkatan yang mencolok. Walaupun banyak factor yang menyebabkan penurunan signifikan emisi karbon di Denmark, namun peneliti yakin bahwa pajak karbon menjadi salah satu factor tersebut.

Uji Regresi Linear Bahan Bakar Fosil Terhadap Emisi Karbon

Tabel 5: Coefficients

	Kazakhstan	Slovenia	Norwegia	Denmark
Koefisien Regresi	0,357	0,282	0,238	0,264
<i>Std. error</i>	0,046	0,18	0,064	0,004
Koefisien Beta Standar	0,879	0,964	0,672	0,997
<i>t - value</i>	7,828	15,276	3,744	59,045
<i>p - value</i>	0,000	0,000	0,002	0,000

Hasil analisis regresi linear yang dilakukan pada empat negara, yaitu Kazakhstan, Slovenia, Norwegia, dan Denmark, menunjukkan bahwa hubungan antara penggunaan bahan bakar fosil dan emisi karbon memiliki implikasi yang signifikan. Kazakhstan menunjukkan hasil yang paling signifikan dengan P-value sebesar 0,000 dan koefisien regresi sebesar 0,357. Ini menandakan bahwa setiap peningkatan 1 Twh penggunaan bahan bakar fosil di Kazakhstan akan menghasilkan peningkatan emisi karbon sebesar 0,357 juta ton. Slovenia juga mengalami dampak yang signifikan dengan P-

value 0,000 dan koefisien regresi 0,282, menunjukkan bahwa peningkatan satu Twh penggunaan bahan bakar fosil di negara ini berkontribusi pada peningkatan emisi karbon sebesar 0,282 juta ton.

Norwegia menunjukkan hubungan yang kuat, meskipun dengan tingkat signifikansi sedikit lebih rendah (P-value 0,002) dan koefisien regresi sebesar 0,238. Ini menunjukkan bahwa peningkatan 1 Twh penggunaan bahan bakar fosil di Norwegia berdampak positif pada peningkatan emisi karbon sebesar 0,238 juta ton. Denmark juga menunjukkan hasil yang signifikan dengan P-

value 0,000 dan koefisien regresi 0,264, menunjukkan dampak yang sangat signifikan

dari bahan bakar fosil terhadap emisi karbon di negara tersebut.

Tabel 6: Modal Summary Regresi Linear

	Kazakhstan	Slovenia	Norwegia	Denmark
R	0,879 ^a	0,964 ^a	0,672 ^a	0,997 ^a
R square	0,773	0,928	0,452	0,995
Adjusted r square	0,76	0,924	0,42	0,995
Std. Error of the estimate	24,171	0,403	0,93628	0,76145

Pada tabel 6 terdapat nilai R-squared (koefisien determinasi) yang dapat mengungkapkan seberapa efektif model regresi dalam menjelaskan hubungan bahan bakar fosil terhadap emis karbon untuk masing-masing negara. Pada negara Kazakhstan, R-squared sebesar 0,773 menandakan sumbangan pengaruh bahan bakar fosil terhadap emisi karbon sebesar 77,3%. Demikian pula, Slovenia memiliki R-squared yang sangat tinggi, yaitu 0,928, yang mengindikasikan model regresi yang sangat efektif dalam menjelaskan emisi karbon yang berasal dari bahan bakar fosil di negara ini. Sekitar 92,8% dari variasi emisi karbon di Slovenia dapat dijelaskan oleh model tersebut.

Norwegia memiliki perbedaan yang paling signifikan dari semua negara sampel, hal ini dikarenakan nilai R-squared yang lebih rendah, yaitu 0,452. Sementara Denmark adalah yang paling menonjol dengan R-squared sebesar 0,995, yang hampir mencapai 100%. Ini mengindikasikan bahwa model regresi hampir sempurna dalam menjelaskan perbedaan emisi karbon yang berasal dari penggunaan bahan bakar fosil di Denmark. Sebagian besar, sekitar 99,5% dari variasi dalam emisi karbon di Denmark, dapat dijelaskan oleh model ini.

Uji MRA (Moderated Regression Analysis)

Tabel 7: Koefisien Regresi

	Kazakhstan	Slovenia	Norwegia	Denmark
Bahan Bakar Fosil (X)	0,514	0,173	0,306	0,187
Pajak Karbon (M)	0,001	-0,039	0,002	-0,003
Bahan Bakar Fosil * Pajak Karbon	-1,554	0,001	-2,837	1,735

Tabel 8: P-Value

	Kazakhstan	Slovenia	Norwegia	Denmark
Bahan Bakar Fosil (X)	0,004	0,006	0,22	0,002
Pajak Karbon (M)	0,533	0,188	0,805	0,133
Bahan Bakar Fosil * Pajak Karbon	0,355	0,268	0,828	0,135

Tabel 9: Modal Summary MRA

	Kazaktan	Slovenia	Norwegia	Denmark	
R	0,888 ^a	0,974 ^a	0,686 ^a	0,998 ^a	
R square	0,789	0,948	0,471	0,996	
Adjusted r square	0,75	0,938	0,365	0,995	
Std. Error of the estimate	2,470088	0,36444	0,97944	0,75101	fosil

Pada tabel 8 terdapat hasil P-value dari uji MRA, yang dapat memberikan wawasan lebih lanjut tentang apakah pajak karbon sebagai variabel moderasi memiliki pengaruh yang signifikan pada hubungan antara penggunaan bahan bakar fosil dan emisi karbon di masing-masing negara. Pada negara berkembang, yaitu Kazakhstan, hasil uji MRA menunjukkan bahwa, pada tingkat signifikansi 0,05, pajak karbon tidak mampu memoderasi hubungan antara penggunaan bahan bakar fosil dan emisi karbon di negara ini. Hal yang sama juga berlaku untuk ketiga negara maju, pada negara Slovenia hasil uji menunjukkan bahwa pajak karbon tidak memiliki pengaruh moderasi yang signifikan pada hubungan antara penggunaan bahan bakar fosil dan emisi karbon.

Norwegia, dengan P-value sebesar 0,828, menunjukkan bahwa variabel moderasi "pajak karbon" juga tidak memiliki dampak moderasi yang signifikan pada hubungan antara penggunaan bahan bakar fosil dan emisi karbon pada tingkat signifikansi yang sama. Demikian pula, Denmark memiliki hasil serupa, dengan P-value sebesar 0,135 yang menunjukkan bahwa pajak karbon dapat memoderasi hubungan antara penggunaan bahan bakar fosil dan emisi karbon di negara ini.

PEMBAHASAN

Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Fosil terhadap Emisi Karbon

Dari hasil analisis regresi pada empat negara, yaitu Kazakhstan, Slovenia, Norwegia, dan Denmark, dapat disimpulkan bahwa bahan bakar fosil memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap emisi karbon. Hasil ini ditunjukkan oleh tingginya nilai R-squared pada tiga negara dan hubungan positif pada koefisien regresi di setiap negara, yang menandakan bahwa sumbangan bahan bakar

terhadap emisi karbon sangat besar. Hal ini menandakan, setiap peningkatan penggunaan bahan bakar fosil di empat negara sampel berkorelasi positif dengan peningkatan emisi karbon. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis pertama **(H1) diterima**. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Martins et al., 2021), (Rezaei Sadr et al., 2022b), (Hanif, 2018) yang menghasilkan bahwa bahan bakar fosil berdampak positif terhadap emisi karbon. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan teori dan data yang telah dijelaskan pada kajian literatur.

Pengaruh Pajak Karbon dalam Memoderasi Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Fosil terhadap Emisi Karbon

Berdasarkan hasil uji MRA yang dilakukan menunjukkan bahwa faktor pajak karbon dalam struktur model regresi tidak memiliki dampak moderasi yang signifikan terhadap hubungan antara penggunaan bahan bakar fosil dan emisi karbon di negara berkembang dan negara maju. Sehingga dari hasil uji tersebut dapat disimpulkan bahwa hipotesis kedua **(H2) ditolak**.

Hasil penelitian ini berbeda dari temuan dalam penelitian sebelumnya yang disajikan oleh Andersson (2019), Pretis (2022), dan Rafaty et al. (2021), yang telah dibahas dalam tinjauan literatur. Namun, temuan penelitian ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Sekar Palupi et al. (2023) yang menunjukkan bahwa kebijakan pajak karbon tidak memiliki dampak signifikan terhadap emisi karbon di 12 negara Uni Eropa yang telah diselidiki. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun pajak karbon diterapkan dan biaya pajak dikenakan pada penggunaan bahan bakar fosil, kebijakan ini belum berhasil secara signifikan mengurangi emisi karbon.

Terdapat beberapa faktor utama yang dapat menjelaskan ketidakmampuan pajak karbon dalam memoderasi hubungan antara

penggunaan bahan bakar fosil dan emisi karbon. Pertama, dari sisi penggunaan bahan bakar, masih terdapat ketidakpedulian terhadap dampak lingkungan dari sebagian besar pemangku kepentingan, termasuk industri dan konsumen. Peningkatan harga bahan bakar fosil akibat pajak karbon belum cukup besar untuk mendorong perubahan perilaku penggunaan energi yang signifikan. Kedua, dalam hal penerapan sistem pajak karbon, perlu diperhatikan bahwa tingkat tarif pajak yang diterapkan mungkin belum mencukupi untuk memberikan insentif yang cukup bagi perusahaan untuk berinvestasi dalam teknologi dan praktik yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, mekanisme pemungutan pajak dan pengawasan yang kurang efektif juga dapat memberikan celah bagi perusahaan untuk menghindari atau mengurangi dampak pajak karbon. Ketiga, dalam konteks kegiatan industri, masih ada keengganan sebagian besar perusahaan untuk mengalihkan operasi mereka ke sumber energi yang lebih bersih karena pertimbangan biaya dan ketidakpastian tentang dampak jangka panjang dari kebijakan pajak karbon. Selain itu, ketidaksetaraan dalam penerapan pajak karbon di berbagai sektor industri juga dapat mengakibatkan efek yang tidak merata dalam mengurangi emisi karbon.

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian pada empat negara, yaitu Kazakhstan, Slovenia, Norwegia, dan Denmark, selama periode 2002 hingga 2021, menyimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar fosil memiliki dampak positif pada peningkatan emisi karbon. Dengan setiap peningkatan 1 TWh penggunaan bahan bakar fosil, emisi karbon meningkat sebesar 0,357 juta ton di Kazakhstan, 0,282 juta ton di Slovenia, 0,238 juta ton di Denmark, dan 0,264 juta ton di Norwegia. Temuan ini mengindikasikan bahwa salah satu cara efektif untuk mengurangi emisi karbon adalah dengan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, dan salah satu alat yang dapat digunakan untuk mencapai hal ini adalah dengan menerapkan pajak karbon.

Namun, Berdasarkan penelitian ini pajak karbon belum mampu mengurangi peningkatan emisi karbon secara signifikan. Penerapan

pajak karbon di Kazakhstan masih belum mencapai tingkat optimal, ditandai dengan pendapatan pajak karbon yang relatif rendah dan peningkatan emisi karbon yang signifikan jika dibandingkan dengan tiga negara maju dalam sampel. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efektivitas pajak karbon dalam memoderasi emisi karbon, perlu pertimbangan lebih lanjut terhadap peningkatan tarif pajak, peningkatan kesadaran dan edukasi mengenai isu perubahan iklim, serta insentif yang lebih besar untuk inovasi teknologi dan praktik berkelanjutan di sektor industri. Selain itu, diperlukan kerjasama antara pemerintah, industri, dan masyarakat dalam menciptakan solusi yang lebih holistik untuk mengatasi tantangan perubahan iklim.

Keterbatasan

Penelitian kami memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, penggunaan data sekunder dari sumber internet mungkin memiliki tingkat akurasi yang bervariasi, tergantung pada sumbernya. Sehingga kualitas data tersebut dapat dipengaruhi oleh perbedaan dalam metodologi pengumpulan data di berbagai sumber. Kedua, dalam menjadikan pajak karbon sebagai variabel moderasi, kami tidak dapat sepenuhnya mengendalikan faktor-faktor lain yang mungkin memengaruhi emisi karbon, seperti perubahan teknologi dan kebijakan lingkungan lainnya, yang dapat menyebabkan hasil yang tidak akurat. Selain itu, kami hanya memilih empat negara sebagai sampel penelitian kami, yang mungkin tidak merepresentasikan variasi yang ada di dunia, sehingga hasil penelitian kami tidak dapat digeneralisasi secara luas. Terakhir, periode waktu penelitian yang relatif singkat dari tahun 2002 hingga 2021 mungkin tidak cukup panjang untuk mengidentifikasi tren jangka panjang yang berkaitan dengan dampak pajak karbon terhadap emisi karbon. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan ini dalam menginterpretasikan hasil penelitian kami.

Saran

Berdasarkan keterbatasan yang dimiliki dalam penelitian ini, kami merekomendasikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya. Pertama, penelitian selanjutnya sebaiknya

mempertimbangkan penggunaan data sekunder yang lebih terperinci dan akurat dalam mengukur variabel yang digunakan, untuk mengurangi potensi kesalahan yang mungkin timbul dari data sekunder. Kedua, penggunaan variabel moderasi seperti pajak karbon sebaiknya dikaji bersama dengan faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi emisi karbon, seperti perubahan teknologi dan kebijakan lingkungan yang lebih holistik, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih lengkap tentang dampaknya. Ketiga, penelitian selanjutnya dapat memperluas sampel negara yang diteliti, mencakup berbagai wilayah geografis dan tingkat pengembangan ekonomi, guna meningkatkan generalisasi hasil. Keempat, penelitian mendatang dapat memanfaatkan metode penelitian *Difference-in-Differences (DiD)* untuk melakukan analisis dampak pajak karbon sebelum dan setelah diterapkannya kebijakan tersebut. Terakhir, penelitian selanjutnya bisa menggunakan periode waktu yang lebih panjang untuk memahami tren jangka panjang dalam hubungan antara pajak karbon dan emisi karbon dengan lebih baik. Dengan demikian, penelitian selanjutnya diharapkan dapat memberikan kontribusi yang lebih komprehensif dalam memahami dan mengelola dampak bahan bakar fosil terhadap emisi karbon serta peran pajak karbon dalam mengurangnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Addressing climate change through carbon taxes.* (2021, June 16). World Economic Forum.
<https://www.weforum.org/agenda/2021/06/addressing-climate-change-through-carbon-taxes/>
- Aisyah, R. N., Majid, J., & Suhartono, S. (2020). CARBON TAX: ALTERNATIF KEBIJAKAN PENGURANGAN EXTERNAL DISECONOMIES EMISI KARBON. *ISAFIR: Islamic Accounting and Finance Review*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.24252/isafir.v1i2.17603>
- Andersson, J. J. (2019). Carbon Taxes and CO₂ Emissions: Sweden as a Case Study. *American Economic Journal: Economic Policy*, 11(4), 1–30. <https://doi.org/10.1257/pol.20170144>
- CO₂ emissions dataset: Our sources and methods. (n.d.). Our World in Data. Retrieved October 25, 2023, from <https://ourworldindata.org/co2-dataset-sources>
- Details of Tax Revenue—Denmark.* (n.d.). Retrieved October 20, 2023, from <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=REVDNK>
- Details of Tax Revenue—Kazakhstan.* (n.d.). Retrieved October 20, 2023, from <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=REVKAZ#>
- Details of Tax Revenue—Norway.* (n.d.). Retrieved October 20, 2023, from <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=REVNOR#>
- Details of Tax Revenue—Slovenia.* (n.d.). Retrieved October 20, 2023, from <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=REVSVN#>
- Externality: What It Means in Economics, With Positive and Negative Examples.* (n.d.). Investopedia. Retrieved October 17, 2023, from <https://www.investopedia.com/terms/e/externality.asp>
- Federal Reserve Board—H10—Data Download Program—Download.* (n.d.). Retrieved October 20, 2023, from <https://www.federalreserve.gov/datadownload/Download.aspx?rel=H10&series=c5d6e0edf324b2fb28d73bcacafaaa02&filetype=sheet&label=include&layout=seriescolumn&from=12/01/2002&to=12/31/2021>
- Ghazouani, A., Jebli, M. B., & Shahzad, U. (2021). Impacts of environmental taxes and technologies on greenhouse gas emissions: Contextual evidence from leading emitter European countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(18), 22758–22767. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11911-9>
- Hanif, I. (2018). Impact of fossil fuels energy consumption, energy policies, and urban sprawl on carbon emissions in East Asia and the Pacific: A panel investigation. *Energy Strategy Reviews*, 21, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.04.006>
- Harvey, E. & E. (n.d.). *Don't Worry about CO₂, Worry about the Earth's Energy Balance*. Scientific American. Retrieved October 15, 2023, from <https://www.scientificamerican.com/article/dont-worry-about-co2-worry-about-the-earths-energy-balance/>
- How Exactly Does Carbon Dioxide Cause Global Warming? (2021, February 25). *State of the Planet*. <https://news.climate.columbia.edu/2021/02/25/carbon-dioxide-cause-global-warming/>
- Investigasi Ilmu Iklim Florida Selatan—Penyebab Perubahan Iklim.* (n.d.). Retrieved October 6, 2023, from <https://www.ces.fau.edu/nasa/module-4/causes/sources-carbon-dioxide.php>
- Martins, T., Barreto, A. C., Souza, F. M., & Souza, A. M. (2021). Fossil fuels consumption and carbon dioxide emissions in G7 countries: Empirical evidence from ARDL bounds testing approach. *Environmental Pollution*, 291, 118093. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118093>
- Pigouvian Tax.* (n.d.). Corporate Finance Institute. Retrieved October 17, 2023, from <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/economics/pigouvian-tax/>

- Pirani, S. (2018). *Burning up: A global history of fossil fuel consumption*. Pluto Press.
- Prasetyo, A. A. (2023). Pengaruh Fungsi Permintaan dan Penawaran Terhadap Keseimbangan Pasar: Pengaruh Fungsi Permintaan dan Penawaran Terhadap Keseimbangan Pasar. *RESWARA; Jurnal Riset Ilmu Teknik*, 1(1), Article 1.
- Prentis, F. (2022). Does a Carbon Tax Reduce CO₂ Emissions? Evidence from British Columbia. *Environmental and Resource Economics*, 83(1), 115–144. <https://doi.org/10.1007/s10640-022-00679-w>
- Ratnawati, D. (2016). Carbon Tax Sebagai Alternatif Kebijakan Untuk Mengatasi Eksternalitas Negatif Emisi Karbon di Indonesia. *Indonesian Treasury Review: Jurnal Perbendaharaan, Keuangan Negara Dan Kebijakan Publik*, 1, 53–67. <https://doi.org/10.33105/itrev.v1i2.51>
- Rezaei Sadr, N., Bahrdo, T., & Taghizadeh, R. (2022a). Impacts of Paris agreement, fossil fuel consumption, and net energy imports on CO₂ emissions: A panel data approach for three West European countries. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24(5), 1521–1534. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02264-z>
- Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2020). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/co2-emissions>
- Sekar Palupi, P. G., Muchtar, M., & Sihombing, P. R. (2023). Pengaruh Pajak Karbon, Penggunaan Bahan Bakar Fosil, Dan Pertumbuhan PDB Terhadap Emisi Karbon. *Jurnalku*, 3(2), 119–127. <https://doi.org/10.54957/jurnalku.v3i2.385>
- Selvi, S., Rahmi, N., & Rachmatulloh, I. (2020). Urgensi Penerapan Pajak Karbon Di Indonesia. *Jurnal Reformasi Administrasi: Jurnal Ilmiah Untuk Mewujudkan Masyarakat Madani*, 7(1), 29–34. <https://doi.org/10.31334/reformasi.v7i1.845>
- Siregar, T. M., Naibaho, E., Sansu, S. G., Sormin, S. G. L., & Siregar, B. S. (2023). PENGARUH FUNGSI PERMINTAAN DAN PENAWARAN TERHADAP KESEIMBANGAN PASAR. *Pedagogy: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.30605/pedagogy.v8i1.2485>
- The Earth-Atmosphere Energy Balance | National Oceanic and Atmospheric Administration. (n.d.). Retrieved October 15, 2023, from <https://www.noaa.gov/jetstream/atmosphere/energy>
- US EPA, O. (2016, January 12). *Global Greenhouse Gas Emissions Data* [Overviews and Factsheets]. <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- What Countries Have A Carbon Tax? | Earth.Org. (n.d.). Retrieved October 18, 2023, from <https://earth.org/what-countries-have-a-carbon-tax/>
- What is a Pigouvian Tax? (2023, October 3). Tax Foundation. <https://taxfoundation.org/taxedu/glossary/pigouvian-tax/>
- Yuniarti, D. (2019). *EKSTERNALITAS LINGKUNGAN*.

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).