

STUDI KOMPARATIF KETERKAITAN KEBIJAKAN MAKROPRUDENSIAL TERHADAP EMISI KARBONDIOKSIDA DI NEGARA MAJU DAN BERKEMBANG

Siti Zulaika Febrianti¹ M. Abd. Nasir²

Article history:

Submitted: 23 February 2026

Revised: 01 Maret 2026

Accepted: 28 February 2026

Keywords:

CO2 Emissions;
Developed and Developing
Countries;
Financial Stability;
Macroprudential Policy;
Panel Data Regression;

Kata Kunci:

Emisi CO2;
Kebijakan makroprudensial;
Negara maju dan Berkembang;
Regresi Data Panel;
Stabilitas Keuangan;

Correspondence:

Fakultas Ekonomi dan Bisnis,
Universitas Jember, Jawa
Timur, Indonesia
Email:
sitizulaikafebrianti@gmail.com

Abstract

This study analyzes the impact of macroprudential policies on CO₂ emissions in advanced and developing economies over 2010–2023 using Panel Least Square estimation. Key findings indicate that CO₂ emissions significantly disrupt financial stability through transition and physical climate risks. Advanced economies achieve decoupling of economic growth from emissions thus minimizing risky asset exposure and enhancing financial resilience while developing economies experience persistent coupling that amplifies systemic vulnerabilities. Specifically, the Capital Adequacy Ratio effectively curbs emissions in advanced economies, whereas instruments like Loan-to-Value and Debt-to-Income ratios inadequately support low-carbon transitions in developing ones. Policy implications include integrating fossil-based asset risk weights in advanced economies to accelerate decoupling, alongside adaptive credit innovations and policy coordination for inclusive green transitions in developing economies. Ultimately, embedding climate risks in macroprudential regulation safeguards financial stability while averting trillions in global economic losses from climate change.

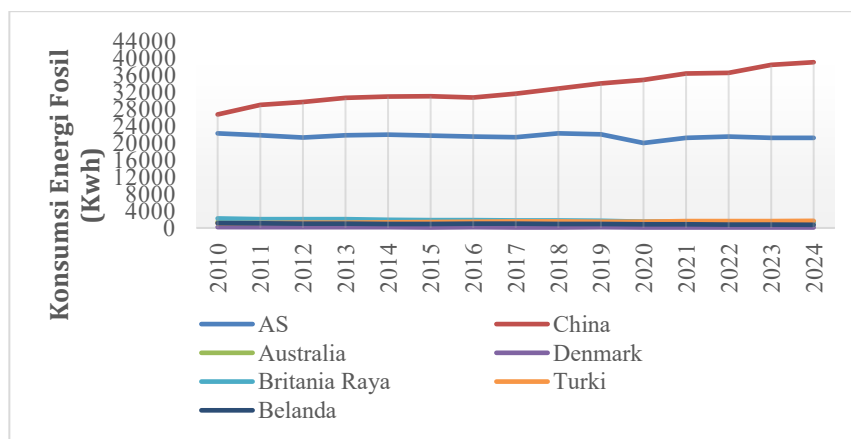
Abstrak

Penelitian ini menganalisis dampak kebijakan makroprudensial terhadap emisi CO₂ di negara maju dan berkembang periode 2010–2023 menggunakan estimasi Panel Least Square. Temuan utama mengungkap bahwa emisi CO₂ secara signifikan mengganggu stabilitas keuangan melalui risiko transisi dan iklim fisik. Negara maju berhasil mencapai *decoupling* pertumbuhan ekonomi dari emisi, yaitu kondisi ketika pertumbuhan ekonomi tidak lagi diikuti oleh peningkatan emisi, sehingga meminimalkan eksposur aset berisiko dan meningkatkan ketahanan keuangan, sementara negara berkembang masih mengalami *coupling*, yaitu kondisi ketika pertumbuhan ekonomi masih disertai peningkatan emisi, yang memperbesar kerentanan sistemik. Secara khusus, *Capital Adequacy Ratio* efektif menekan emisi di negara maju, tetapi instrumen seperti *Loan-to-Value* dan *Debt-to-Income* kurang mendukung transisi rendah karbon di negara berkembang. Implikasi kebijakannya mencakup integrasi bobot risiko aset berbasis fosil bagi negara maju guna mempercepat *decoupling*, serta inovasi kredit adaptif dan koordinasi kebijakan untuk transisi hijau inklusif di negara berkembang. Penggabungan risiko iklim dalam regulasi makroprudensial pada akhirnya melindungi stabilitas keuangan sekaligus mencegah kerugian ekonomi global triliunan dolar akibat perubahan iklim.

PENDAHULUAN

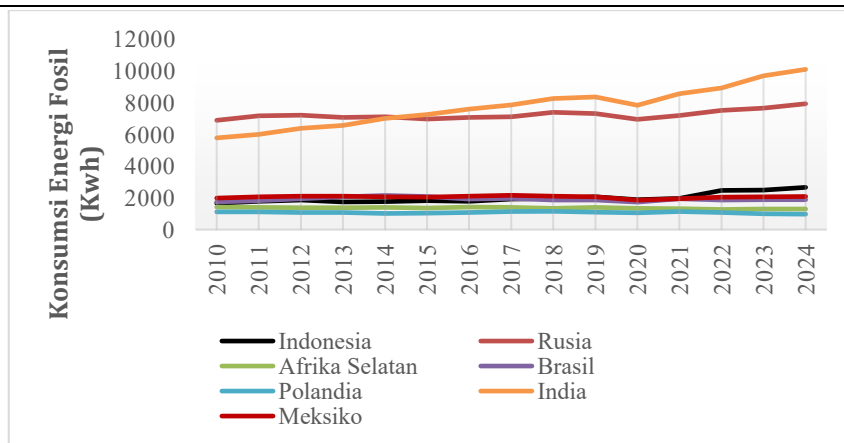
Perubahan iklim dan degradasi lingkungan telah bertransformasi dari sekadar isu ekologi menjadi tantangan makroekonomi global yang paling mendesak di abad ke-21. Indikator utama yang secara konsisten digunakan dalam literatur untuk mengukur dampak lingkungan dari aktivitas ekonomi adalah emisi gas rumah kaca, khususnya karbondioksida (Luo & Kamarudin, 2023; D’Orazio & Dirks, 2021; Wang *et al.*, 2025). Secara teoretis, keterkaitan antara aktivitas ekonomi dan lingkungan bersumber dari evolusi model-model pertumbuhan. Meskipun Model Pertumbuhan Neoklasik Eksogen Solow-Swan (1956) pada awalnya menekankan pada akumulasi modal, tenaga kerja, dan kemajuan teknologi (Todaro & Smith, 2009), Teori Pertumbuhan Endogen yang dikembangkan oleh Romer dan Lucas (1988) merevolusi perspektif ini dengan memposisikan inovasi, kemajuan teknologi, dan modal manusia sebagai pendorong internal yang memicu pertumbuhan berkelanjutan melalui luapan pengetahuan (*knowledge spillovers*) (Todaro & Smith, 2009).

Walaupun kemajuan teknologi menawarkan solusi potensial, hipotesis Kurva Kuznets Lingkungan (*Environmental Kuznets Curve/EKC*) menyatakan bahwa tahap awal pembangunan ditandai oleh peningkatan degradasi lingkungan akibat ketergantungan yang masif pada bahan bakar fosil. Perdebatan literatur masih berlanjut mengenai hubungan ini; sebagai contoh, beberapa studi menunjukkan bahwa luapan pengetahuan justru dapat mempercepat pertumbuhan yang intensif emisi (Yang *et al.*, 2021), sementara studi lain berpendapat bahwa inovasi hijau secara efektif mereduksi emisi CO₂, sebagaimana yang teramati di Eropa (Rakho & Alola, 2024). Realitas empiris lebih lanjut menyoroti kontras yang tajam di mana negara-negara maju seperti Amerika Serikat dan Inggris sedang bertransisi menuju energi bersih, sedangkan negara-negara berkembang seperti Rusia, India, dan Indonesia sedang mengalami lonjakan konsumsi bahan bakar fosil yang didorong oleh industrialisasi massal (Bank Dunia, 2025). Berdasarkan klasifikasi Bank Dunia dan IMF (2023–2024), negara-negara ekonomi maju (GNI per kapita > US\$13.845) unggul dalam sektor-sektor berbasis teknologi, sedangkan negara berkembang berpendapatan menengah tetap bergantung pada manufaktur dan komoditas, meskipun kedua kelompok tersebut tetap mendominasi konsumsi bahan bakar fosil global (*Union of Concerned Scientists*). Keduanya memiliki tantangan dan strategi dalam menekan emisi CO₂ karena perbedaan kapasitas kelembagaan dan sumber daya, sehingga efektivitas kebijakan hijau di masing-masing kelompok negara tidak sama dan memiliki dinamika emisi yang berbeda namun memiliki kesamaan dalam kategori negara yang mengadopsi kebijakan makroprudensial sebagai alat awal dalam menekan emsi CO₂ (Jie & Rabnawaz, 2024; Ozili, 2025).



Sumber: World Bank, 2025

Gambar 1.
Konsumsi Energi Fosil Negara Maju



Sumber: World Bank, 2025

Gambar 1.
Konsumsi Energi Fosil Negara Berkembang

Di tengah ketidakstabilan ini, IMF (2011) menekankan kebijakan makroprudensial sebagai instrumen strategis untuk memitigasi risiko sistemik sekaligus menginternalisasi paparan iklim, sehingga memperkuat ketahanan institusi keuangan terhadap guncangan lingkungan (Hasal et al., 2024; BIS, 2023). Namun, kesenjangan penelitian yang signifikan masih subsisten, karena beberapa studi sebelumnya cenderung menggunakan analisis homogen atau fokus sempit tanpa perbandingan komprehensif (Luo & Kamarudin, 2024; Wu *et al.*, 2024). Keterbatasan perbandingan mendalam ini menutupi efek-efek yang beragam, di mana tata kelola yang kuat di negara-negara maju sering kali mengarahkan pengencangan makroprudensial menuju investasi hijau, sementara di negara-negara berkembang, langkah-langkah tersebut berisiko memicu substitusi kredit ke aset "brown" beremisi tinggi akibat ketergantungan industri yang berat dan pengawasan yang lemah (Jie & Rabnawaz, 2024; Grunewald, 2023). Oleh karena itu, mengintegrasikan kebijakan makroprudensial dengan pengendalian emisi CO₂ menjadi sangat mendesak untuk memperkuat ketahanan keuangan terhadap guncangan lingkungan, melampaui keterbatasan instrumen fiskal-moneter konvensional sebagaimana ditekankan oleh IMF (2011), BIS (2023), dan Hasil penelitian dari Hasal et al. (2024). Berbeda dari studi homogen sebelumnya (misalnya Luo & Kamarudin, 2023; Wu et al., 2024), penelitian ini inovatif dengan analisis panel komparatif maju dan berkembang yang mana menguji efektivitas instrumen spesifik seperti *Capital Adequacy Ratio*, *Countercyclical Capital Buffer*, *Debt-to-Income* terhadap emisi CO₂ dan stabilitas keuangan. Tujuan utama penelitian ini mengukur dampak emisi CO₂ terhadap stabilitas keuangan serta efektivitas makroprudensial komparatif, guna menyediakan rekomendasi kebijakan transisi rendah karbon yang inklusif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder dengan pendekatan data panel tahunan periode 2010–2023 yang bersumber dari otoritas global seperti World Bank, IMF, dan *Bank for International Settlements* (BIS). Objek penelitian dipilih melalui teknik purposive sampling yang berfokus pada negara-negara penghasil emisi CO₂ terbesar, yang terbagi menjadi kelompok negara maju (Amerika Serikat, China, Australia, Turki, Denmark, Britania Raya, dan Belanda) dan kelompok negara berkembang (Indonesia, Rusia, India, Afrika Selatan, Brasil, Meksiko, dan Polandia). Desain penelitian ini menggabungkan analisis deskriptif untuk memetakan tren perkembangan emisi serta analisis ekonometrik dengan metode *Panel Least Square* (PLS) untuk menguji pengaruh kebijakan makroprudensial, pertumbuhan ekonomi, dan industrialisasi terhadap emisi CO₂ secara komparatif (Luo

& Kamarudin, 2023; D’Orazio & Dirks, 2021). Prosedur penelitian mencakup tahapan pra-pemrosesan data, estimasi model, analisis hasil, serta uji robustitas guna menjamin validitas temuan sebagai landasan dalam merumuskan rekomendasi kebijakan yang akurat.

Penelitian ini mengadaptasi kerangka Luo & Kamarudin (2023) yang menganalisis hubungan kebijakan makroprudensial dengan emisi CO₂ menggunakan regresi data panel pada negara BRICS dan G7 (1992–2020), dengan model dasar:

$$CO_2 = f(MaPP_3, KOF, ICT, FDI, GDP, CPI, Trade) \dots\dots\dots (1)$$

Mengintegrasikan interaksi MaPP₃ yang merupakan kebijakan makroprudensial dan KOF merupakan faktor globalisasi, yang mana keduanya sebagai mekanisme transmisi utama, studi Luo & Kamarudin (2023) menyoroti efektivitas makroprudensial dalam mengarahkan alokasi kredit berkelanjutan. Berlandaskan pendekatan tersebut, penelitian ini mengembangkan model kontekstual untuk negara maju dan berkembang (2010–2023) dengan fokus instrumen spesifik yang di ilustrasikan melalui persamaan (2) yang dimodelkan dengan model ekonomi pada persamaan berikut:

$$CO_2 = f(CCYB, LTV, CAR, DTI, GDP) \dots\dots\dots(2)$$

Dari model ekonomi tersebut, kemudian di transformasikan kedalam model ekonometrika pada persamaan (2) berikut :

$$CO_{2it} = \alpha + \beta_1CCYB_{it} + \beta_2LTV_{it} + \beta_3CAR_{it} + \beta_4DTI_{it} + \beta_5GDP_{it} + \varepsilon_{it} \dots\dots\dots(3)$$

Persamaan ekonometrika pada model (2) digunakan untuk menganalisis pengaruh kebijakan makroprudensial terhadap emisi karbon dioksida (CO₂) dengan mempertimbangkan beberapa instrumen utama, yaitu *Countercyclical Capital Buffer* (CCYB), *Loan to Value* (LTV), *Capital Adequacy Ratio* (CAR), dan *Debt to Income* (DTI) dan *Gross Domestic Product* (GDP). Keempat variabel makroprudensial tersebut merepresentasikan potensi pengaruhnya terhadap tingkat emisi melalui perubahan aktivitas ekonomi dan pembiayaan. Selain itu, variabel pertumbuhan ekonomi (GDP) menggambarkan pengaruh dinamika ekonomi terhadap emisi karbon.

Pemilihan model terbaik dalam analisis regresi data panel dilakukan melalui tiga pengujian utama, yaitu Uji Chow, Uji Hausman, dan Uji Lagrange Multiplier (LM). Pengujian ini bertujuan untuk menentukan model yang paling tepat di antara *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), atau *Random Effect Model* (REM) (Gujarati, 2009; Giesselmann & Schmidt, 2022). Model yang terpilih kemudian wajib memenuhi Uji Asumsi Klasik agar menghasilkan estimator yang bersifat BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*). Rangkaian uji ini meliputi Uji Normalitas untuk melihat distribusi residu, Uji Heteroskedastisitas untuk memastikan varians residual konstan, serta Uji Multikolinearitas untuk menghindari korelasi berlebih antar variabel independen (Creswell, 2022; Alita *et al.*, 2021). Tahap akhir adalah Uji Signifikansi yang terdiri dari Uji t untuk pengujian parsial variabel, Uji F untuk signifikansi model secara simultan, serta evaluasi Koefisien Determinasi (R²) yang berfungsi untuk memverifikasi hipotesis dan mengukur sejauh mana variabel kebijakan makroprudensial serta pertumbuhan ekonomi mampu menjelaskan variasi emisi CO₂ (Gujarati, 2009; Creswell, 2022).

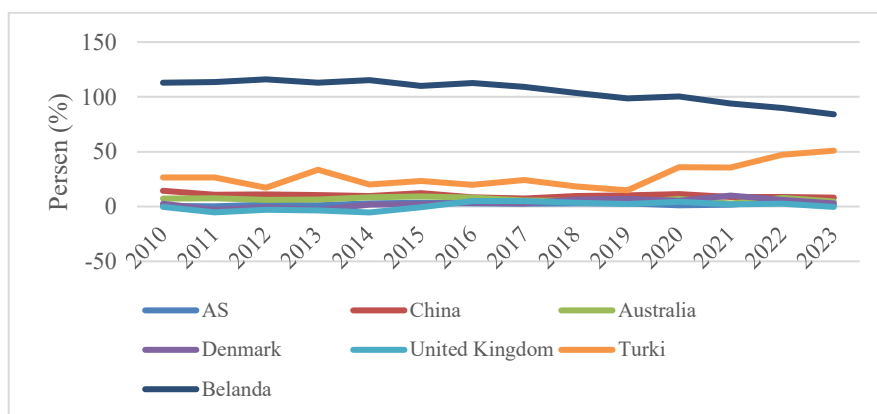
Tabel 1.
Definisi Operasional Variabel

Variabel	Keterangan	Satuan
Emisi CO ₂	Emisi karbon dioksida (CO ₂) per kapita dari pembakaran bahan bakar fosil dan proses industri.	tCO ₂ per kapita
CCYB (<i>Countercyclical Capital Buffer</i>)	Jarak antara rasio kredit terhadap PDB dalam tren jangka panjang.	Persen
LTV (<i>Loan to Value</i>)	Rasio antara jumlah pinjaman dengan terhadap nilai aset yang dijamin pada sektor real estate.	Persen
CAR (<i>Capital Adequacy Ratio</i>)	Besaran nilai modal bank terhadap aset tertimbang menurut risiko (ATMR)	Persen
DTI (<i>Debt to Income</i>)	Rasio batasan kredit sesuai proporsi pendapatan.	Persen
GDP (<i>Growth Domestic Product</i>)	Pertumbuhan Ekonomi (Constant)	US Dollar

Sumber: BIS, 2025; IMF, 2025; World Bank, 2025

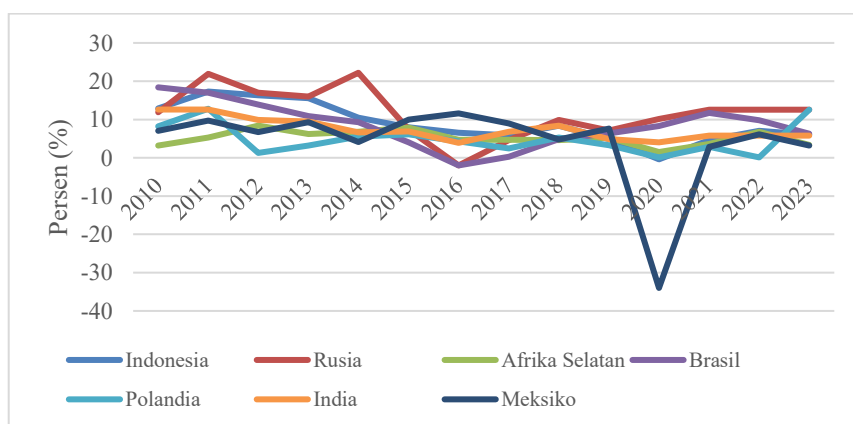
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karbondioksida (CO₂) merupakan penyebab utama pemanasan global yang memerlukan penanganan serius melalui berbagai kebijakan, termasuk makroprudensial yang fokus pada kestabilan keuangan, sehingga intervensi makroprudensial diarahkan untuk alokasi kredit dari aset karbon-intensif menuju investasi rendah emisi. Penelitian ini membandingkan pengaruh kebijakan makroprudensial terhadap emisi CO₂ di negara maju dan berkembang, dengan memperhatikan perbedaan utama seperti pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi dan diversifikasi ekonomi di negara maju dibandingkan ketergantungan pada sektor primer serta fluktuasi ekonomi di negara berkembang. Emisi CO₂ mengancam stabilitas keuangan melalui risiko transisi dan fisik (Luo & Kamarudin, 2023). Emisi tinggi menyebabkan penurunan nilai aset sektor karbon-intensif, biaya penyesuaian, risiko kredit, serta dampak cuaca ekstrem yang melemahkan debitur dan agunan (Krueger *et al.*, 2020). Hal ini menuntut penguatan instrumen makroprudensial seperti penyesuaian modal, eksposur risiko, dan leverage untuk ketahanan keuangan (Luo & Kamarudin, 2023). Kelompok negara maju mencakup Amerika Serikat, China, Australia, Turki, Denmark, Britania Raya, dan Belanda, yang merepresentasikan struktur ekonomi maju, kebijakan iklim, serta regulasi keuangan beragam. Kelompok negara berkembang meliputi Indonesia, Rusia, India, Afrika Selatan, Brasil, Meksiko, dan Polandia, untuk menangkap keragaman struktural, kerentanan iklim, dan tantangan kebijakan pertumbuhan tinggi.



Sumber: World Bank, 2025

Gambar 3.
Pertumbuhan Kredit di Negara Maju



Sumber: World Bank, 2025

Gambar 4.
Pertumbuhan Kredit di Negara Berkembang

Berdasarkan Gambar 3, pertumbuhan kredit di negara maju menurun bertahap dengan fluktuasi terbatas, mencerminkan efektivitas instrumen makroprudensial seperti CCyB dan CAR dalam mengendalikan ekspansi agresif menuju pertumbuhan moderat yang mengurangi risiko utang berlebih (Jimenez et al., 2027). Penyesuaian struktural melalui peningkatan standar risiko LTV/DTI menggeser portofolio dari sektor padat energi ke inovatif hemat energi, memutus *coupling* kredit emisi CO₂ (Bolton & Kacperczyk, 2023). Lonjakan Turki yang lebih rendah dibanding negara berkembang menegaskan pengawasan makroprudensial maju meredam *boom-bust* kredit beremisi tinggi. Sebaliknya, Gambar 4 justru menunjukkan pertumbuhan kredit negara berkembang yang sangat bergejolak, di mana pelemahan CCyB dan LTV longgar memicu ekspansi cepat untuk pembangunan namun rentan guncangan. Akselerasi kredit meningkatkan produksi, infrastruktur, dan emisi CO₂ akibat ketergantungan fosil, sementara kontraksi mendalam (2015–2023) mencerminkan krisis atau pengetatan CAR yang menghambat sektor riil dengan dampak sosial-ekonomi besar akibat kurangnya kalibrasi makroprudensial hijau.



Sumber: World Bank, 2025

Gambar 5.
Perkembangan Emisi CO₂ di Negara Maju

Berdasarkan Gambar 5, mayoritas negara maju mencapai *decoupling* kuat melalui instrumen makroprudensial efektif, di mana emisi CO₂ menurun signifikan meskipun GDP terus meningkat. Di Amerika Serikat pasca-krisis 2008, CAR dan CCyB yang ditingkatkan mengarahkan kredit dari industri padat energi ke sektor jasa/teknologi, dengan GDP naik kuat sejak 2012 sementara emisi turun stabil hingga 2023. Fenomena serupa bahkan lebih ekstrem terlihat di Denmark dan United Kingdom, di mana LTV ketat dan preferensi kredit hijau memotong emisi drastis (2010–2023) melalui transisi struktural ditambah efisiensi energi serta pengurangan batu bara. Turki mengalami coupling jelas dimana ketika GDP dan emisi CO₂ naik bersamaan) akibat makroprudensial longgar, sedangkan China berada di transisi kompleks dengan GDP pesat tapi emisi plateau sejak 2014–2015 berkat penguatan CAR untuk energi terbarukan masif. *Decoupling* ini memperkuat resiliensi makroprudensial dengan meredam risiko transisi, kemudian bank memiliki eksposur rendah terhadap *stranded assets* energi tradisional, meningkatkan kualitas aset dan stabilitas sistemik (Roncoroni *et al.*, 2021).



Sumber: World Bank, 2025

Gambar 6.
Perkembangan Emisi CO₂ di Negara Berkembang

Berdasarkan Gambar 6 dinamika emisi CO₂ di negara berkembang berbeda jauh dengan negara maju, sehingga menimbulkan tantangan serius bagi stabilitas sistem keuangan melalui risiko transisi. Sebagian besar, seperti Indonesia, Rusia, dan India, mengalami *coupling* kuat di mana peningkatan GDP selama 2010–2023 selalu diikuti kenaikan emisi CO₂. Akibatnya, pinjaman bank ke sektor padat karbon berisiko menjadi stranded assets jika regulasi iklim global diperketat. Oleh karena itu, intervensi makroprudensial menjadi krusial untuk menjaga ketahanan. Namun, terdapat variasi menarik seperti Polandia yang berhasil *decoupling* dengan GDP naik sementara CO₂ turun, sehingga meredam risiko transisi secara efektif. Sebaliknya, Afrika Selatan alami *decoupling* resesi di mana keduanya turun, sedangkan Brasil dan Rusia ditandai fluktuasi GDP tinggi yang memperbesar risiko kredit akibat kontraksi ekonomi. Dengan demikian, fluktuasi ini membuat sistem keuangan kurang diuntungkan transisi berkelanjutan.

Negara berkembang menghadapi tantangan kompleks karena dominasi sektor padat karbon rentan guncangan eksternal (Fasesin *et al.*, 2024), ditambah volatilitas siklus bisnis, fluktuasi komoditas, dan aliran modal tak stabil sehingga CCyB krusial untuk meredam siklus kredit beremisi tinggi. Oleh sebab itu, otoritas keuangan menghadapi tugas ganda yakni menjaga stabilitas melalui CAR sambil mendorong transisi hijau via LTV/DTI yang mengarahkan kredit ke energi bersih, tanpa menghambat pertumbuhan (Svartzman *et al.*, 2021). Secara keseluruhan, heterogenitas antarnegara terlihat jelas, khususnya pada Polandia sukses melalui makroprudensial yang mendukung pergeseran produksi bersih. Sementara Brasil justru mengalami situasi yang fluktuatif dan sulit diprediksi, serta Afrika Selatan berisiko ganda karena pengurangan emisi lebih disebabkan stagnasi GDP daripada transformasi struktural.

Pertumbuhan ekonomi global pesat meningkatkan emisi CO₂, memicu perubahan iklim dan isu keberlanjutan (D'Orazilo & Dirks, 2021; Wang *et al.*, 2025). Kebijakan makroprudensial tidak hanya menjaga stabilitas ekonomi melalui pengendalian kredit, tapi juga memengaruhi lingkungan dengan diferensiasi risiko aset hijau dan *brown* (Svartzman *et al.*, 2021). Pengaruhnya terhadap emisi CO₂ berbeda antara negara maju dan berkembang, dengan dinamika serta tantangan khas masing-masing. Analisis statistik deskriptif pada penelitian *Panel Least-Square* (PLS) mengenai kebijakan makroprudensial dan emisi CO₂ membantu memastikan kualitas data, menilai perbedaan karakteristik antarnegara, serta penentuan transformasi atau standarisasi sebelum pemodelan, sehingga hasil estimasi *Panel Least-Square* (PLS) menjadi lebih valid dan layak diinterpretasikan.

Tabel 2.
Uji Statistik Deskriptif di Negara Maju

	CO ₂	CCyB	LTV	CAR	DTI	GDP
Mean	9.4284	253.3926	32.5064	17.2030	18.5206	49277.53
Median	7.4812	185.6750	31.9100	16.4700	17.6625	56513.09
Maximum	18.2973	846.2500	65.8400	23.4900	32.1250	74158.72
Minimum	4.3109	52.9000	3.3900	11.4000	7.1750	10476.31
Std. Dev	4.6177	177.3717	17.9626	3.3881	5.1268	18934.36
Observation	98	98	98	98	98	98

Sumber: Data Diolah, 2025

Tabel 3.
Uji Statistik Deskriptif di Negara Berkembang

	CO ₂	CCyB	LTV	CAR	DTI	GDP
Mean	5.4995	69.6002	16.7895	16.2062	7.6053	20379.75
Median	3.9959	75.1500	15.8750	15.8750	7.6375	18216.39
Maximum	12.4856	110.5500	35.3200	25.8400	25.3000	43672.77
Minimum	1.3489	27.3250	5.0100	11.9300	11.9300	5059.283
Std. Dev	3.5327	22.8915	7.8123	2.9127	2.9127	10642.24
Observation	98	98	98	98	98	98

Sumber: Data Diolah, 2025

Tabel 2 menunjukkan variabilitas yang signifikan dalam emisi CO₂ di antara negara-negara maju. *Countercyclical Capital Buffer* (CCyB) menunjukkan rata-rata yang tinggi disertai deviasi standar yang besar, mengindikasikan keberadaan outlier yang beragam dan ekstrem dalam sampel. Sebaliknya, *Capital Adequacy Ratio* (CAR) relatif rendah dan homogen. Rasio *Debt-to-Income* (DTI) memperlihatkan distribusi simetris, menandakan konsistensi sepanjang periode observasi. Selain itu, fakta bahwa rata-rata PDB lebih rendah daripada median mengisyaratkan distribusi yang miring negatif, mencerminkan mayoritas observasi berpenghasilan tinggi dalam kelompok ini. Sebaliknya, Tabel 3. menunjukkan bahwa negara-negara berkembang memiliki tingkat emisi CO₂ yang lebih rendah dan homogen. Variabel kunci, termasuk CCyB, PDB, LTV, dan CAR, menampilkan deviasi standar yang lebih kecil, menyiratkan tingkat uniformitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan mitra maju mereka. Namun, yang patut dicatat, dispersi rasio DTI di negara-negara berkembang mirip dengan negara-negara maju. Kesamaan ini mengindikasikan bahwa implementasi makroprudensial, khususnya terkait pembatasan utang, semakin terkonsentrasi dan distandarisasi di kedua kelompok ekonomi.

Tabel 4.
Hasil estimasi Uji Chow, Uji Hausman, Uji Lagrange Multiplier

Jenis Uji	Signifikansi	Negara Maju		Negara Berkembang	
		Nilai Statistik	Keputusan	Nilai Statistik	Keputusan
Uji Chow	< 0.05	0.0000	FEM	0.0000	FEM
Uji Hausman	< 0.05	0.0000	FEM	0.8143	REM
Uji Lagrange Multiplier	< 0.05	0.0000	CEM	0.0000	REM

Sumber: Data Diolah, 2025

Pemilihan model *Common Effect* (CEM), *Fixed Effect* (FEM), dan *Random Effect* (REM) dalam *Panel Least-Square* sangat penting karena menentukan cara model menangkap heterogenitas lintas negara dan waktu (Gujarati, 2009). Hasil uji pemilihan model menunjukkan adanya perbedaan keputusan model regresi antara negara maju dan negara berkembang. Untuk Negara Maju, dilakukan dua langkah pengujian. Pertama, Uji Chow menghasilkan nilai statistik lebih kecil dari 0.05, sehingga model *Fixed Effect Model* (FEM) dipilih. Kedua, Uji Hausman juga menghasilkan nilai statistik lebih kecil dari 0.05, sehingga FEM kembali dipilih. Oleh karena itu, analisis regresi pendekatan *Panel Least-Square* (PLS) diputuskan untuk menggunakan FEM. Keputusan model untuk Negara Berkembang cenderung pada *Random Effect Model* (REM). Meskipun Uji Chow juga menghasilkan nilai 0.0000 pilihan FEM, namun keputusan tersebut dibatalkan oleh Uji Hausman yang menghasilkan nilai lebih besar dari 0.05, sehingga REM menjadi pilihan terakhir. Keputusan tersebut semakin dikuatkan oleh Uji Lagrange Multiplier (LM) yang menghasilkan nilai lebih kecil dari 0.05. Dengan demikian, analisis regresi untuk negara berkembang harus menggunakan pendekatan *Panel Least-Square* (PLS) dengan REM.

Tabel 5.
Uji Cross Individual Effect

No	Negara Maju	Effect	No	Negara Berkembang	Effect
1.	Amerika Serikat	6.155421	8.	Indonesia	-2.388161
2.	China	-2.1853	9.	Rusia	6.351983
3.	Australia	5.329558	10.	Afrika Selatan	1.299956
4.	Denmark	-3.352488	11.	Brazil	-2.825036
5.	United Kingdom	-2.044081	12.	Polandia	0.3890767
6.	Turki	-1.121842	13.	India	-0.1272328
7.	Belanda	-2.781268	14.	Mexiko	-2.700586

Sumber: Data Diolah, 2025

Individual Effect dari model *Panel Least Square* (PLS) mengungkapkan adanya heterogenitas yang signifikan di antara 14 negara yang diteliti karena faktor-faktor spesifik negara yang tidak teramati memiliki pengaruh yang kuat terhadap variabel dependen. Pada Tabel 5 menunjukkan hasil *individual effect* di kelompok negara maju dan berkembang terlihat pola yang beragam, hal ini mencerminkan heterogenitas faktor struktural yang tidak teramati dan menjadikan penggunaan model *fixed effect* penting agar koefisien variabel independen tidak terdistorsi sekaligus dapat dimanfaatkan untuk analisis lanjutan seperti perbandingan kelembagaan atau pengelompokan negara berdasarkan nilai *individual effect* yang ekstrem (Gujarati, 2009). Nilai Positif menunjukkan bahwa variabel CO2 akan tetap mampu meningkat meski tanpa pengaruh dari variabel independen, sementara nilai negatif menunjukkan bahwa variabel CO2 akan tetap mampu turun tanpa adanya internalisasi dari variabel independen dengan besaran nilai *individual effect* yang teruji, hal ini didorong oleh faktor-faktor eksternal diluar variabel independen.

Tabel 6.
Hasil Uji Asumsi Klasik di Negara Maju

Variabel	Normalitas Prob > 0.05	Heteroskedastisitas Prob > 0.05	Multikolinearitas Koef < 0.85
CCYB		0.7433	1.0000
LTV		0.2205	-0.3793
CAR	0.5742	0.1870	0.1207
DTI		0.5783	0.0102
GDP		0.4693	-0.1781

Sumber: Data Diolah, 2025

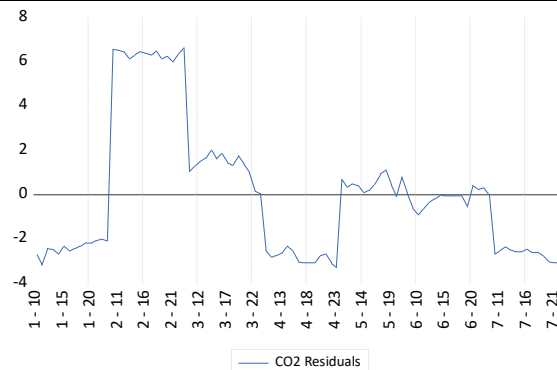
Tabel 7.
Hasil Uji Asumsi Klasik di Negara Berkembang

Variabel	Normalitas Prob > 0.05	Heteroskedastisitas Prob > 0.05	Multikolinearitas Koef < 0.85
CCYB		0.0206	1.0000
LTV		0.0758	0.0328
CAR	0.0001	0.0536	-0.5045
DTI		0.5562	0.1306
GDP		0.6668	0.1653

Sumber: Data Diolah, 2025

Uji asumsi klasik penting dilakukan agar estimasi *Panel Least-Square* (PLS) dalam penelitian hubungan kebijakan makroprudensial dan emisi CO2 memenuhi prasyarat statistik yang menjamin keunbiasan dan keandalan koefisien (Creswell, 2022; Gujarati, 2009). Berdasarkan hasil uji asumsi klasik Tabel 6. menunjukkan bahwa pada negara maju telah memenuhi semua kriteria asumsi klasik, sehingga hasil regresi yang diperoleh dapat dikatakan valid dan *Best Linear Unbiased Estimator* (BLUE). Berbeda dengan model negara berkembang, hasil uji asumsi klasik pada Tabel 7. menunjukkan bahwa tidak semua asumsi klasik terpenuhi, meskipun model lolos dari uji Multikolinearitas. Asumsi Normalitas tidak terpenuhi karena nilai Probabilitasnya jauh lebih kecil dari batas 0.05, namun ketika ukuran sampel besar, maka asumsi normalitas dapat dilonggarkan karena distribusi sampel akan mendekati normal yang didasarkan pada Teorema Limit Pusat (Gujarati, 2009). Kemudian terjadi Heteroskedastisitas pada variabel CCYB. maka menggunakan residual heterokedastisitas.

Berdasarkan grafik residual (garis biru) di atas yang secara konsisten berada dalam rentang batas ± 500 tanpa menyentuh atau melewati garis kritis tersebut, dapat disimpulkan bahwa varian residual stabil dan homogen sepanjang periode pengamatan, sehingga memenuhi asumsi homoskedastisitas dalam model regresi panel (Alquezar & Sanfeliu, 2011).



Sumber: Data Diolah, 2025

Gambar 9.
Residual Heterokedastisitas Model Negara Berkembang

Tabel 8. menyoroti Negara Maju yang menunjukkan estimasi simultan *Countercyclical Capital Buffer* (CCyB), *Loan-to-Value* (LTV), *Capital Adequacy Ratio* (CAR), *Debt-to-Income* (DTI), dan PDB menunjukkan efek simultan yang signifikan terhadap emisi CO2 (uji F, $p = 0,0000$). Model ini memperlihatkan *Adjusted R²* yang sangat tinggi sebesar 0,9745, mengindikasikan bahwa variabel independen menjelaskan 97,45 persen variasi emisi, sehingga menyiratkan kecocokan model yang sangat kuat. Secara individual, bagaimanapun, hanya CCyB yang tidak signifikan secara statistik ($p = 0,5302$), kemungkinan karena instrumen ini menargetkan siklus kredit secara luas daripada secara spesifik mengatasi pinjaman berbasis karbon intensif.

Tabel 8.
Hasil Pengujian Hubungan Kebijakan Makprudensial terhadap Emisi CO2

Variabel	Negara Maju (FEM)		Negara Berkembang (REM)	
	Coeffisien (Prob.)	t-Statistic	Coeffisien (Prob.)	t-Statistic
CCYB	0.0003 (0.5302)	-0.0347	-0.0347 (0.0000)*	-6.4904
LTV	-0.0430 (0.0078)*	-2.7253	0.1503 (0.0000)*	8.8126
CAR	-0.1577 (0.0032)*	-3.0342	-0.0730 (0.0012)*	-3.3471
DTI	0.0648 (0.0233)**	2.3098	0.0520 (0.000)*	5.7436
GDP	-9.89E-05 (0.0010)*	-3.4002	7.50E-05 (0.0002)*	3.8577
<i>Adjusted R-Square</i>		0.9745		0.5735
<i>Prob (F-Statistic)</i>		0.0000		0.0000

Keterangan: Probabilitas= (...); *Signifikan pada $\alpha = 0.01$; **Signifikan pada $\alpha = 0.05$; ***Signifikan pada $\alpha = 0.1$
Sumber: Data Diolah, 2025

Model untuk negara-negara berkembang menunjukkan daya penjelasan yang lebih moderat, dengan *Adjusted R²* sebesar 0,5735, yang menjelaskan 57,35 persen variasi. Meskipun kecocokan yang lebih rendah, semua variabel independen signifikan secara individual ($p < 0,05$). Koefisien variabel-variabel ini bersifat campuran, dengan sebagian bertindak sebagai inhibitor dan yang lain sebagai pendorong emisi, mencerminkan pengaruh kompleks dari konteks institusional dan perkembangan yang beragam (Jie & Rabnawaz, 2024).

Instrumen makprudensial (CCyB, LTV, CAR, dan DTI) bersama dengan PDB memengaruhi pasokan kredit serta realokasi pembiayaan dari sektor berbasis karbon intensif ke sektor hijau. Lebih lanjut, bagian ini mengeksplorasi bagaimana penguatan kerangka makprudensial memastikan

stabilitas keuangan selama transisi rendah karbon, sambil memperhitungkan lintasan ekonomi dan kapasitas institusional yang berbeda antara negara-negara maju dan berkembang.

Tabel 9.

Interpretasi Hasil Analisis Hubungan Kebijakan Makroprudensial terhadap Emisi CO₂ di Negara Maju

Variabel	Arah	Signifikansi	Teori	Empiris
CCYB	Positif	Tidak Signifikan	Teori Pertumbuhan Hijau (Grock & Taylor, 2010); Teori Stabilitas Keuangan (Minsky, 1975)	Jiang & Ma, (2019)
LTV	Negatif	Signifikan	Teori Pertumbuhan Hijau (Grock & Taylor, 2010); Teori Stabilitas Keuangan (Minsky, 1975)	Gatt, W. (2024)
CAR	Negatif	Signifikan	Teori Pertumbuhan Hijau (Grock & Taylor, 2010); Teori Stabilitas Keuangan (Minsky, 1975)	Orazio & Dirks, (2021)
DTI	Positif	Signifikan	Teori Pertumbuhan Hijau (Grock & Taylor, 2010); Teori Stabilitas Keuangan (Minsky, 1975)	Zao & Liu, (2023)
GDP	Negatif	Signifikan	Teori Pertumbuhan Ekonomi Lingkungan (Grossman & Krueger, 1991)	Gonzalez <i>et al.</i> , (2024)

Sumber: Data Diolah, 2025

Berdasarkan regresi Panel *Least Square* untuk negara maju pada Tabel 9 instrumen CCYB tidak signifikan terhadap emisi CO₂ karena dirancang sebagai alat siklus makro untuk mengatasi risiko sistemik dari siklus kredit berlebih, bukan untuk isu struktural lingkungan (Jiang & Ma, 2019; Kim, 2025), sehingga efeknya bersifat luas tanpa menarget sektor padat karbon secara spesifik. Sementara variabel lain mayoritas signifikan. LTV berpengaruh negatif melalui credit rationing channel, di mana pengetatan standar kredit properti membatasi pembiayaan proyek padat energi seperti mal dan perumahan konvensional, sekaligus mendorong alokasi ke green mortgage dengan material rendah karbon serta desain efisien (Gatt, 2024). Selain itu, CAR berpengaruh negatif melalui capital constraint channel karena peningkatan modal minimum memaksa bank mengurangi leverage pada sektor energi intensif seperti manufaktur semen, baja, dan tambang batubara, kemudian mengalokasikan excess capital ke green bonds atau proyek berkelanjutan, yang diperkuat oleh internal carbon pricing untuk hindari biaya regulasi pada aset beremisi tinggi (Orazio & Dirks, 2021).

DTI justru berpengaruh positif secara signifikan karena pengetatan rasio utang terhadap pendapatan mengalihkan pembiayaan konsumen dari sektor hijau seperti kendaraan listrik ke sektor tradisional beremisi tinggi yang lebih mudah diakses, sehingga borrower berpendapatan rendah beralih ke industri padat karbon (Zao & Liu, 2023). Sementara GDP berpengaruh negatif secara signifikan, yang menguatkan *Environmental Kuznets Curve* pada fase *turning point* melalui perubahan struktural ekonomi ke sektor jasa dan teknologi tinggi, adopsi inovasi clean tech hemat energi, serta kebijakan lingkungan agresif yang meningkatkan kualitas aset perbankan, meredam risiko transisi stranded assets, dan memperkuat resiliensi makroprudensial (Gonzalez *et al.*, 2024).

Tabel 10.

Interpretasi Hasil Analisis Kebijakan Makroprudensial terhadap Emisi CO₂ di Negara Berkembang

Variabel	Arah	Signifikansi	Teori	Empiris
CCYB	Negatif	Signifikan	Teori Pertumbuhan Hijau (Grock & Taylor, 2010); Teori Stabilitas Keuangan (Minsky, 1975)	Luo H, (2024)

Studi Komparatif Keterkaitan Kebijakan Makroprudensial terhadap Emisi Karbondioksida di Negara Maju dan Berkembang,

Siti Zulaika Febrianti dan M. Abd. Nasir

Variabel	Arah	Signifikansi	Teori	Empiris
LTV	Positif	Signifikan	Teori Pertumbuhan Hijau (Grock & Taylor, 2010); Teori Stabilitas Keuangan (Minsky, 1975)	Song <i>et al.</i> , (2023)
CAR	Negatif	Signifikan	Teori Pertumbuhan Hijau (Grock & Taylor, 2010); Teori Stabilitas Keuangan (Minsky, 1975)	Orazio & Dirks, (2021)
DTI	Positif	Signifikan	Teori Pertumbuhan Hijau (Grock & Taylor, 2010); Teori Stabilitas Keuangan (Minsky, 1975)	Zao & Liu, (2023)
GDP	Positif	Signifikan	Teori Pertumbuhan Ekonomi Lingkungan (Grossman & Krueger, 1991); Eviromental Kuznets Curve (Kuznets, 1993)	Pradhan <i>et al.</i> , (2024)

Sumber: Data Diolah, 2025

Analisis regresi untuk negara berkembang menunjukkan bahwa seluruh variabel makroprudensial yaitu CCyB, LTV, CAR, DTI, serta GDP berpengaruh signifikan terhadap emisi CO₂. Hal ini mengindikasikan sensitivitas tinggi dinamika emisi terhadap konfigurasi instrumen keuangan dan kondisi makroekonomi. CCyB berpengaruh negatif signifikan karena penguatan buffer modal siklikal efektif menahan ekspansi kredit ke sektor intensif karbon, sejalan dengan Teori Stabilitas Keuangan Minsky (1975) serta temuan Prameswari & Rahyuda (2024) dan Orazio & Dirks (2021). Penguatan permodalan mengurangi pembiayaan proyek berisiko tinggi beremisi besar sehingga mendorong reorientasi portofolio ke kegiatan berkelanjutan.

Sebaliknya pada negara maju, CCyB dan CAR menunjukkan pengaruh negatif yang lebih kuat berkat *green screening* matang dan infrastruktur rendah karbon. Instrumen LTV dan DTI cenderung netral atau negatif karena properti hijau sudah dominan, berbeda dengan negara berkembang di mana LTV/DTI positif signifikan akibat struktur belum matang untuk *green transition*. Sektor properti dan otomotif masih karbon-intensif dengan hunian baru Indonesia/India 70 persen menggunakan material konvensional serta 85 persen kredit kendaraan bermesin bakar internal bukan kendaraan listrik. GDP pada negara berkembang positif signifikan menggambarkan coupling luas fase industrialisasi tinggi (Pradhan *et al.*, 2024), sedangkan pada negara maju menunjukkan *decoupling* sesuai fase penurunan *Environmental Kuznets Curve*. Heterogenitas ini menegaskan perlunya kebijakan makroprudensial diferensial antara *capital-constrained* maju dan *leverage-dependent* berkembang.

SIMPULAN DAN SARAN

Analisis komparatif antara negara-negara maju dan berkembang mengungkapkan disparitas mendasar dalam respons sistem keuangan serta kerentanan terhadap emisi CO₂, yang secara langsung menentukan efektivitas intervensi makroprudensial. Ekonomi maju diuntungkan oleh sistem keuangan yang tangguh, ditandai dengan kerangka regulasi matang dan mekanisme berbasis pasar seperti penetapan harga karbon. Sebaliknya, negara-negara berkembang tetap rentan secara struktural akibat ketergantungan berat pada sektor beremisi tinggi dan infrastruktur keuangan yang kurang berkembang. Oleh karena itu, strategi adaptif dan kolaboratif di antara regulator, bank sentral, serta institusi internasional esensial untuk mengatasi risiko sistemik terkait iklim melalui instrumen makroprudensial yang disesuaikan, yang diinformasikan oleh indikator emisi dan pengujian stres iklim yang ketat.

Analisis komparatif ini menghendaki lintasan makroprudensial yang berbeda, yang mana negara-negara maju harus fokus pada penyempurnaan kerangka yang ada, sementara ekonomi berkembang perlu memprioritaskan pemutusan kopling struktural karbon. Bagi negara-negara maju, strategi melibatkan pemeliharaan CCyB netral iklim untuk ketahanan sistemik, sambil mengarahkan LTV dan CAR ke insentif "*green-biased*" serta pembatasan "*brown-penalizing*" guna mengalihkan modal. Demikian pula, integrasi DTI dengan buffer deskarbonisasi rumah tangga dapat semakin mendorong

konsumsi rendah karbon. Sebaliknya, negara-negara berkembang memerlukan penerapan CCyB yang lebih agresif sebagai buffer risiko iklim serta reformasi fundamental desain LTV dan CAR; dengan menerapkan bobot risiko yang lebih tinggi secara progresif pada aset berbasis karbon intensif serta kelonggaran DTI untuk pinjaman mikro hijau, otoritas dapat secara efektif menginternalisasi risiko transisi dan memastikan akses yang setara terhadap teknologi berkelanjutan.

REFERENSI

- Alessi, L., Di Girolamo, E. F., Pagano, A., & Giudici, M. P. (2024). Accounting for climate transition risk in banks' capital requirements. *Journal of Financial Stability*, 73, 101269. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2024.101269>
- Alita, D., Putra, A. D., & Darwis, D. (2021). Analysis of classic assumption test and multiple linear regression coefficient test for employee structural office recommendation. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, 15(3), 295-306. <https://scholar.archive.org/work/uiqcu7elrffncscrbmk2pqr4/access/wayback/https://jurnal.ugm.ac.id/ijccs/article/download/65586/31843>
- Alqu zar, R., & Sanfeliu, A. (2011). A test for the homoscedasticity of the residuals in fuzzy rule-based forecasters. *Applied Intelligence*, 34(3), 386-393.
- Ampudia, M., Lo Duca, M., Farkas, M. G., Perez-Quiros, G., Pirovano, M., R nstler, G., & Tereanu, E. (2021). On the effectiveness of macroprudential policy (No. 2559). *ECB Working Paper*. <https://hdl.handle.net/10419/237698>
- BIS. (2023) Macroprudential policies for No 18 addressing climate-related financial risks: challenges and trade-offs. *Fsi brief*, Apr 2023. <https://www.bis.org/fsi/fsibriefs18.pdf>
- BIS. (2025). Advancing Climate Action through Enhanced Data and Macroprudential Policy. https://www.bis.org/ifc/publ/ifcb63_24.pdf
- Bolton, P., & Kacperczyk, M. (2023). Global pricing of carbon-transition risk. *The Journal of Finance*, 78(6), 3677-3754. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jofi.13272>
- Chenet, H., Monnin, P., & Ryan-Collins, J. (2021). Finance, climate-change and radical uncertainty: Towards a precautionary approach to financial policy. *Ecological Economics*, 183, 106957. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.106957>
- Cong, Y., Wang, Y., & Wu, Y. (2023). Impact of house prices on household carbon emissions. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1149089. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1149089>
- Creswell, J. W. (2022). *A concise introduction to mixed methods research*. SAGE publications. [https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=2s0IEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT11&dq=Creswell,+J.+W.+\(2022\).+A+concise+introduction+to+mixed+methods+research.+SAGE+publications.&ots=9032WQFVK9&sig=Qn-SvM9i9ku_IoSxkoDYKzhCg8](https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=2s0IEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT11&dq=Creswell,+J.+W.+(2022).+A+concise+introduction+to+mixed+methods+research.+SAGE+publications.&ots=9032WQFVK9&sig=Qn-SvM9i9ku_IoSxkoDYKzhCg8)
- D'Orazio, P., & Dirks, M. W. (2022). Exploring the effects of climate-related financial policies on carbon emissions in G20 countries: a panel quantile regression approach. *Empirical Economics*, 66(4), 1641–1668. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-15655-y>
- Dykas, P., Tokarski, T., & Wisla, R. (2023). The Solow model of economic growth: Application to contemporary macroeconomic issues (p. 265). *Taylor & Francis*. <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/76881/9781000774818.pdf?sequence=1>
- Emambakhsh, T. et al. (2024). Designing a macroprudential capital buffer for climate-related financial risks. *ECB Working Paper*, No. 2943. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/299586/1/189231150X.pdf>
- Farboodi, M., & Veldkamp, L. (2021). A growth model of the data economy (No. w28427). *National Bureau of Economic Research*. <https://conference.nber.org/confer/2021/YSAIf21/Data2021.pdf>
- Fasesin, K., Oladinni, A., Emezirinwune, M. U., Oba-Sulaiman, Z., & Abdulsalam, K. A. (2024). Renewable energy in developing countries: Challenges, opportunities, and policy recommendations for innovative funding. *Adeleke University Journal of Science*, 3(1), 120-129. <https://aujs.adelekeuniversity.edu.ng/index.php/aujs/article/view/105>
- Fernandes, C. I., Veiga, P. M., Ferreira, J. J., & Hughes, M. (2021). Green growth versus economic growth: do sustainable technology transfer and innovations lead to an imperfect choice?. *Business strategy and the environment*, 30(4), 2021-2037. <https://doi.org/10.1002/bse.2730>
- Fernando, R., Liu, W., & McKibbin, W. J. (2021). Global economic impacts of climate shocks, climate policy and changes in climate risk assessment. *Climate Policy and Changes in Climate Risk Assessment* (May 2021). *CEPR Discussion Paper* No. DP16154. <https://cepr.org/publications/dp16154>
- Gal n, J. E. (2024). The benefits are at the tail: uncovering the impact of macroprudential policy on growth-at-risk. *Journal of Financial Stability*, 74, 100831. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2024.100831>

- Gatt, W. (2024). Loan-to-value limits as a macroprudential policy tool: Developments in theory and practice. *Journal of Economic Surveys*, 38(1), 232-267. <https://doi.org/10.1111/joes.12536>
- Giesselmann, M., & Schmidt C, A. W. (2022). Interactions in fixed effects regression models. *Sociological Methods & Research*, 51(3), 1100-1127. <https://doi.org/10.1177/0049124120914937>
- González, J.F., Padilla Rosa, E., & Raymond, J. L. (2024). World economies' progress in decoupling from CO2 emissions. *Scientific Reports*, 14(1), 20480. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1038/s41598-024-71040-z>
- Grünewald, S. (2021). Climate change as a systemic risk in finance: Are macroprudential authorities up to the task?. In Sustainable Finance in Europe: Corporate Governance, Financial Stability and Financial Markets (pp. 227-257). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70350-9_9
- Grunewald, S. N. (2023). Macroprudential policies and climate risks. *University of Genoa EUSFiL Law Research Working Paper Series*, (19). https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4481358
- Gujarati, D. N. & Porter, D. C (2021). *Basic Econometric*. Douglas reine. https://www.academia.edu/download/58118829/ESSENTIALS_OF_-_homeworkmarket.com_PDFDrive.com_.pdf
- Ha, L. T. (2025). Deploying green macroprudential policies to promote environmental health: new findings from panel VAR for international database. *Environment Systems and Decisions*, 45(3), 39. <https://doi.org/10.1007/s10669-024-09958-z>
- Hakami, M., & Shaheen, R. (2025). Investigating factors influencing CO2 emissions in selected G20 countries. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 12(2), 1-12. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2025.02.001>.
- Jiang, C., & Ma, X. (2019). The impact of financial development on carbon emissions: a global perspective. *Sustainability*, 11(19), 5241. <https://doi.org/10.3390/su11195241>
- Jie, W., & Rabnawaz, K. (2024). Renewable energy and CO2 emissions in developing and developed nations: a panel estimate approach. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1405001. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1405001>
- Kaldorf, M., & Rottner, M. (2024). Climate Minsky moments and endogenous financial crises (No. 26/2024). *Deutsche Bundesbank Discussion Paper*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4899092>
- Kim, J. (2025). When Do Capital Buffers Work? Shock-Dependent Effectiveness of Countercyclical Macroprudential Policy. *Shock-Dependent Effectiveness of Countercyclical Macroprudential Policy*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5546288>
- Krueger, P., Sautner, Z., & Starks, L. T. (2020). The importance of climate risks for institutional investors. *The Review of financial studies*, 33(3), 1067-1111. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz137>
- Leal, P. H., & Marques, A. C. (2022). The evolution of the environmental Kuznets curve hypothesis assessment: A literature review under a critical analysis perspective. *Heliyon*, 8(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11508>
- Luo, H. (2024). Effects of macroprudential policies on ecological footprint. *Scientific Reports*, 14, 58015. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65935-4>
- Luo, H., & Kamarudin, F. (2023). Macroprudential policies and CO2 emissions: A comparative analysis of G7 and BRIC countries. *Plos One*, 18(1), Article e0279883. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279883>
- Mahmood, H., Furqan, M., Hassan, M. S., & Rej, S. (2023). The environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis in China: A review. *Sustainability*, 15(7), 6110. <https://doi.org/10.3390/su15076110>
- Mohsin, M., Naseem, S., Sarfraz, M., & Azam, T. (2022). Assessing the effects of fuel energy consumption, foreign direct investment and GDP on CO2 emission: New data science evidence from Europe & Central Asia. *Fuel*, 314, 123098. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.123098>
- NGFS. (2020). Guide for Supervisors: Integrating climate-related and environmental risks into prudential supervision. https://www.ngfs.net/system/files/import/ngfs/medias/documents/ngfs_guide_for_supervisors.pdf
- Ozili, P. K. (2025). Carbon emissions, financial stability and bank profitability in non-crisis years. *Development and Sustainability in Economics and Finance*, 100079. <https://doi.org/10.1016/j.dsef.2024.100079>
- Pradhan, K. C., Mishra, B., & Mohapatra, S. M. (2024). Investigating the relationship between economic growth, energy consumption, and carbon dioxide (CO2) emissions: a comparative analysis of South Asian nations and G-7 countries. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26(10), 3349-3367. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02941-0>
- Prameswari, A. A., & Rahyuda, H. (2024). Pengaruh likuiditas dan risiko kredit terhadap profitabilitas dengan kecukupan modal sebagai variabel mediating. *Buletin Studi Ekonomi*, 50-61. <https://doi.org/10.24843/BSE.2024.v29.i01.p05>
- Rahko, J., & Alola, A. A. (2024). The effects of climate change technology spillovers on carbon emissions across European countries. *Journal of Environmental Management*, 370, 122972. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024>.

- Roncoroni, A., Battiston, S., Escobar-Farfán, L. O., & Martínez-Jaramillo, S. (2021). Climate risk and financial stability in the network of banks and investment funds. *Journal of Financial Stability*, 54, 100870. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2021.100870>
- Salari, M., Javid, R. J., & Noghanibehambari, H. (2021). The nexus between CO2 emissions, energy consumption, and economic growth in the US. *Economic Analysis and Policy*, 69, 182-194. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.11.005>
- Schneider, N. (2022). Internalizing environmental externalities and the Coase theorem. *World Journal of Applied Economics*, 8(2), 93-100. <https://orcid.org/0000-0001-7802-1133>
- Semieniuk, G., et al. (2020). Low-carbon transition risks for finance. *Journal of Economic Surveys*, 35(5), 1370-1398. <https://doi.org/10.1111/joes.12416>
- Song, X., Zhang, X., Ding, X., Guo, L., & Huang, J. (2023). Building and carbon emissions: Evidence from real estate purchase restriction policy. *Urban Climate*, 52, 101726. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101726>
- Spineli, L. M., & Pandis, N. (2020). Fixed-effect versus random-effects model in meta-regression analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 158(5), 770-772. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2020.07.014>
- Svartzman, R., Bolton, P., Despres, M., Pereira Da Silva, L. A., & Samama, F. (2021). Central banks, financial stability and policy coordination in the age of climate uncertainty: A three-layered analytical and operational framework. *Climate Policy*, 21(4), 563-580. <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1852588>
- Todaro, M. P., & Smith, S. C. (2009). *Economic development*. Pearson education. https://www.academia.edu/download/40906332/Economic_Development_11th_Edition_The_Pears_on_Series_in_Economics_.pdf
- Trott, M. (2024). Statement by Veda Poon, Executive Director for the United Kingdom, Matt Trott, Alternative Executive Director, and Will Obeney, Advisor to Executive Director July 1, 2024. <https://www.elibrary.imf.org/downloadpdf/view/journals/002/2024/203/article-A004-en.pdf>
- Wang, Y., Cui, L., & Zhou, J. (2025). The impact of green finance and digital economy on regional carbon emission reduction. *International Review of Economics & Finance*, 97, 103748. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.103748>
- Wu, G., Liu, X., & Cai, Y. (2024). The impact of green finance on carbon emission efficiency. *Heliyon*, 10(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23508>
- Yang, X., Yang, Z., & Jia, Z. (2021). Effects of technology spillover on CO2 emissions in China: a threshold analysis. *Energy Reports*, 7, 2233-2244. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.04.045>
- Zhao, T., & Liu, Z. (2022). Drivers of CO2 emissions: A debt perspective. *International journal of environmental research and public health*, 19(3), 1847. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031847>