

**ANALISIS SPASIAL EMISI KARBON DIOKSIDA BERBASIS POPULASI,
KONSUMSI ENERGI, PERTUMBUHAN EKONOMI, DAN LUAS AREA
HUTAN DI KAWASAN ASIA MENGGUNAKAN METODE
*GEOGRAPHICALLY WEIGHTED PANEL REGRESSION (GWPR)***

SKRIPSI



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh
AULIA NUR YASINTA
09040221051

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : AULIA NUR YASINTA

NIM : 09040221051

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2021

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "Analisis Spasial Emisi Karbon Dioksida Berbasis Populasi, Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi, dan Luas Area Hutan di Kawasan Asia Menggunakan Metode *Geographically Weighted Panel Regression* (GWPR)". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 26 Juni 2025

Yang menyatakan,



10000
Rp
METERAI
TEMPEL
867AEAMX363519287

AULIA NUR YASINTA

NIM. 09040221051

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

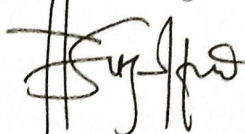
Nama : AULIA NUR YASINTA

NIM : 09040221051

Judul skripsi : Analisis Spasial Emisi Karbon Dioksida Berbasis Populasi,
Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi, dan Luas
Area Hutan di Kawasan Asia Menggunakan Metode
Geographically Weighted Panel Regression (GWPR)

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I



Dr. Yuniar Farida, M.T.
NIP. 197905272014032002

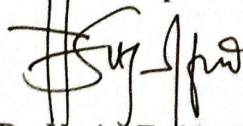
Pembimbing II



Wika Dianita Utami, M.Sc.
NIP. 199206102018012003

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Yuniar Farida, M.T.
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

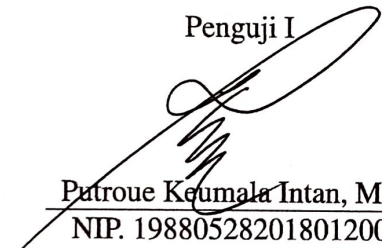
Skripsi oleh

Nama : AULIA NUR YASINTA
NIM : 09040221051
Judul Skripsi : Analisis Spasial Emisi Karbon Dioksida Berbasis Populasi,
Konsumsi Energi, Pertumbuhan Ekonomi, dan Luas
Area Hutan di Kawasan Asia Menggunakan Metode
Geographically Weighted Panel Regression (GWPR)

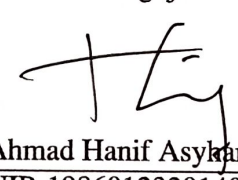
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 26 Juni 2025

Mengesahkan,
Tim Penguji

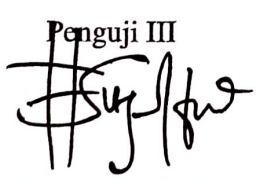
Penguji I


Patroue Keumala Intan, M.Si
NIP. 198805282018012001

Penguji II


Ahmad Hanif Asykar, M.Si
NIP. 198601232014031001

Penguji III


Dr. Yuniar Farida, M.T.
NIP. 197905272014032002

Penguji IV


Wika Dianita Utami, M.Sc.
NIP. 199206102018012003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya


Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd.
NIP. 196507312000031002

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : AULIA NUR YASINTA
NIM : 09040221051
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / MATEMATIKA
E-mail address : auliaahur0103@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

ANALISIS SPASIAL EMISI KARBON DIOKSIDA BERBASIS POPULASI, KONSUMSI ENERGI
PERTUMBUHAN EKONOMI, DAN LUAS AREA HUTAN DI KAWASAN ASIA MENGGUNAKAN
METODE GEOGRAPHICALLY WEIGHTED PANEL REGRESSION (GWPR)

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 26 Juni 2025

Penulis



(Aulia Nur Yasinta)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

**Analisis Spasial Emisi Karbon Dioksida Berbasis Populasi, Konsumsi Energi,
Pertumbuhan Ekonomi, dan Luas Area Hutan di Kawasan Asia
Menggunakan Metode *Geographically Weighted Panel Regression* (GWPR)**

Pemanasan global dan perubahan pola cuaca akibat pertumbuhan ekonomi pasca setelah revolusi industri telah mempercepat kerusakan lingkungan dan meningkatkan emisi karbon dioksida yang mengganggu sistem iklim global. Asia yang dihuni lebih dari separuh populasi dunia, berperan signifikan dalam persoalan emisi CO₂. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model spasial dan faktor yang dominan di Kawasan Asia menggunakan metode *Geographically Weighted Panel Regression* (GWPR) yakni gabungan *Geographically Weighted Regression* dan regresi data panel. Data berasal dari *BP Statistical* dan *World Bank* untuk 18 negara Asia tahun 2015–2021 dengan variabel emisi CO₂ sebagai variabel dependen dan populasi, konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi, serta luas hutan sebagai variabel independen. Hasil menunjukkan model GWPR efektif menangkap variasi spasial emisi CO₂, dengan nilai R^2 sebesar 99,996%. Pertumbuhan ekonomi menjadi faktor yang berpengaruh signifikan pada 15 dari 18 negara, sementara populasi signifikan hanya 8 dari 18 negara.

Kata kunci: Emisi, Karbon Dioksida, *Geographically Weighted Panel Regression*, Spasial.

ABSTRACT

SPATIAL ANALYSIS OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS BASED ON POPULATION, ENERGY CONSUMPTION, ECONOMIC GROWTH, AND FOREST AREA IN ASIA USING GEOGRAPHICALLY WEIGHTED PANEL REGRESSION (GWPR) METHOD.

Global warming and changing weather patterns due to economic growth after the industrial revolution have accelerated environmental degradation and increased carbon dioxide emissions that disrupt the global climate system. Asia, home to more than half of the world's population, plays a significant role in the CO₂ emission problem. This study aims to determine the spatial model and dominant factors in the Asian Region using the Geographically Weighted Panel Regression (GWPR) method, which is a combination of Geographically Weighted Regression and panel data regression. Data came from the World Bank for 18 Asian countries from 2015-2021 with CO₂ emission as the dependent variable and population, energy consumption, economic growth, and forest area as the independent variables. The results show that the GWPR model effectively captures the spatial variation of CO₂ emissions, with a R^2 value of 99.996%. Economic growth is a significant factor in 15 out of 18 countries, while population is significant in only 8 out of 18 countries.

Keywords: Carbon dioxide, Emissions, Geographically Weighted Panel Regression, Spatial.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	8
1.3. Tujuan Penelitian	8
1.4. Manfaat Penelitian	9
1.5. Batasan Penelitian	9
1.6. Sistematika Penulisan	10
II TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1. Emisi Karbon Dioksida (CO ₂)	12
2.2. Regresi Data Panel	14
2.3. Heterogenitas Spasial	21
2.4. <i>Geographically Weighted Panel Regression</i>	21
2.5. Jarak Euclidean	24
2.6. Fungsi Pembobot	25
2.7. Penentuan <i>Bandwidth</i>	27

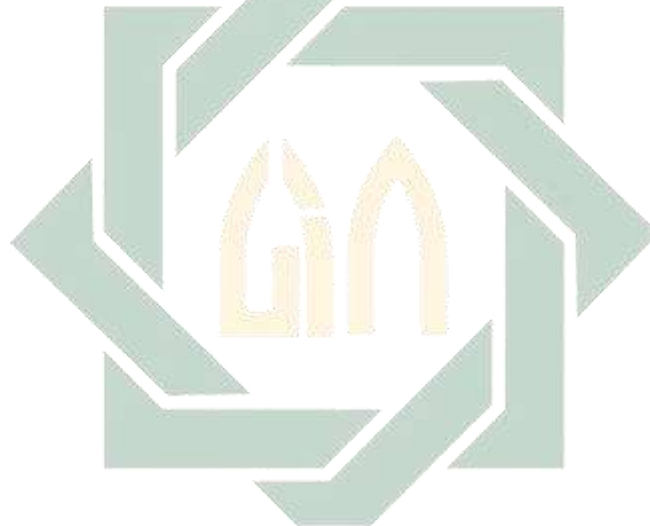
2.8. Pengujian Hipotesis Model GWPR	27
2.8.1. Uji Kesesuaian Model (<i>Goodness of Fit</i>)	28
2.8.2. Uji Parsial Signifikansi Model	29
2.9. Pemilihan Model Terbaik	29
2.10. Integrasi Keilmuan	30
III METODE PENELITIAN	33
3.1. Jenis Penelitian	33
3.2. Sumber Data	33
3.3. Tahapan Penelitian	34
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Analisis Deskriptif	39
4.2. Pemodelan Regresi Data Panel	41
4.3. Uji Asumsi Klasik	47
4.3.1. Uji Multikolinearitas	48
4.3.2. Uji Homoskedastisitas	48
4.4. Heterogenitas Spasial	49
4.5. Pemodelan GWPR	50
4.6. Pengujian Hipotesis Model GWPR	53
4.6.1. Uji Signifikansi Parameter Model	54
4.6.2. Uji Kesesuaian Model GWPR (<i>Goodnes of Fit</i>)	55
4.7. Perbandingan Kebaikan Model Global dan GWPR	56
4.8. Analisis Emisi Karbon Dioksida (CO ₂) di Kawasan Asia	57
4.9. Integrasi Keilmuan	64
V PENUTUP	66
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	67
LAMPIRAN	68
DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR TABEL

3.1	Variabel yang Digunakan	34
4.1	Deskripsi Statistik Data Penelitian per Tahun (2015–2021)	40
4.2	Hasil Estimasi <i>Common Effect Model</i> (CEM)	42
4.3	Hasil Estimasi <i>Fixed Effects Model</i> (FEM)	43
4.4	Intersep Fixed Effects (α_i) Tiap Negara	44
4.5	Hasil Estimasi <i>Random Effects Model</i> (REM)	45
4.6	Efek Acak (u_i) Tiap Negara	46
4.7	Hasil Uji Chow, Uji Hausman, dan Uji Lagrange Multiplier	47
4.8	Nilai VIF	48
4.9	Hasil Uji Glejser untuk Homoskedastisitas	49
4.10	Sampel Data Koordinat Geografis	50
4.11	Jarak antar Negara	51
4.12	Perbandingan <i>Bandwidth</i> dan <i>CV Score</i> pada Berbagai Kernel dan Tipe <i>Bandwidth</i>	52
4.13	Model GWPR	53
4.14	Kelompok Negara Berdasarkan Kombinasi Variabel Signifikan terhadap Emisi CO ₂	54
4.15	Hasil Uji F	56
4.16	Perbandingan Model GWPR dan Regresi Panel Berdasarkan R^2	57

DAFTAR GAMBAR

1.1	Emisi karbon dioksida (CO ₂) di Benua Asia, Amerika, dan Eropa . .	2
3.1	Diagram Alir Metode	35
4.1	Peta Persebaran Emisi karbon dioksida (CO ₂) di Benua Asia	39
4.2	Peta Pengelompokan Berdasarkan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi karbon dioksida (CO ₂) di Benua Asia	55



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Abbas Amer, E. A., Ali Meyad, E. M., Meyad, A. M., & Mohsin, A. (2024). Impacts of renewable and disaggregated non-renewable energy consumption on CO₂ emissions in GCC countries: A STIRPAT model analysis. *Heliyon*, 10(9), e30154.
- Adrian, M. A. (2023). Analisis pengaruh aktivitas ekonomi terhadap peningkatan emisi karbon: Studi empiris empat negara asean. *Jurnal Ekonomi Indonesia*, 12(2), 187–202.
- Adrian, M. A. (2024). Analisis Pengaruh Aktivitas Ekonomi terhadap Peningkatan Emisi Karbon: Studi Empiris Empat Negara ASEAN. *Jurnal Ekonomi Indonesia*, 12(2), 187–202.
- Aji, S. M. B., Adliawan, I., & Kawahyuning, D. I. (2024). Dampak Pemanfaatan Energi, Perkembangan Ekonomi, dan Wilayah Hutan terhadap emisi gas rumah kaca di AS, Rusia, Cina, dan Brasil. *JEMeS: Jurnal Ekonomi Manajemen dan Sosial*, 7(1), 11–25.
- Aliu, M. A., Zubedi, F., Yahya, L., & Oroh, F. A. (2022). The comparison of kernel weighting functions in geographically weighted logistic regression in modeling poverty in indonesia. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 18(3), 362–384.
- Ananda, N. M. S., Suyitno, S., & Siringoringo, M. (2023). Geographically Weighted Panel Regression Modelling of Human Development Index Data in

- East Kalimantan Province in 2017-2020. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 19(2), 323–341.
- Ar, F., Salwa, N., & Wijayanti, S. (2023). Analisis Faktor-Faktor yang Memengaruhi Tingkat Kemiskinan di Provinsi Aceh menggunakan Regresi Data Panel. 11(1).
- Arum, P. R. & Alfian, S. (2022). Pemodelan Pertumbuhan Ekonomi di Jawa Barat Menggunakan Metode Geographically Weighted Panel Regression. *J Statistika: Jurnal Ilmiah Teori dan Aplikasi Statistika*, 15(2), 219–227.
- Asnita, A., Sifriyani, S., & Fauziyah, M. (2024). Estimation of Geographically Weighted Panel Regression Model with Bisquare Kernel Weighting Function on Percentage of Stunting Toddlers in Indonesia. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 18(1), 0383–0394.
- A'nnisa, L., Sasana, H., & Septiani, Y. (2021). Analisis Konsumsi Energi Fosil, Emisi CO₂, Konsumsi Energi Terbarukan dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Pengeluaran Kesehatan Indonesia Periode Tahun 2000-2017. *DINAMIC : DIRECTORY JOURNAL OF ECONOMIC*, 2(2), 431–445.
- Ben Jebli, M., Farhani, S., & Guesmi, K. (2020). Renewable energy, CO₂ emissions and value added: Empirical evidence from countries with different income levels. *Structural Change and Economic Dynamics*, 53, 402–410.
- Biatmoko, I. S. N. (2023). Pertumbuhan ekonomi dan emisi karbondioksida di indonesia. *Jurnal Ilmu Ekonomi JIE*, 7(01), 41–52.
- BP (2022). Energy economics. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics.html>. Accessed: 2024-08-15.

- Cai, X., Li, K., Wang, W., Lu, Y., & Wang, R. (2023). The role of resource rent in shaping CO₂ emissions in BRICS countries: A panel data approach. *Resources Policy*, 85, 103857.
- Farida, Y., Siswanto, N., & Vanany, I. (2023). Forecasting CO₂ Emission in Indonesia From the Economic and Environment Impact Using Vector Error Correction Model. *2023 5th International Conference on Management Science and Industrial Engineering*, 1(1), 42–49.
- Febrianti, E., Susetyo, B., & Silvianti, P. (2023). Pemodelan Tingkat Kriminalitas di Indonesia Menggunakan Analisis Geographically Weighted Panel Regression. *Xplore: Journal of Statistics*, 12(1), 91–109.
- Ferlita, S. A. (2023). Analisis Efisiensi Kendaraan Listrik sebagai Salah Satu Transportasi Ramah Lingkungan Pengurang Emisi Karbon. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 356–365.
- Gamatara, M. P. J. & Kusumawardani, D. (2024). Pengaruh Deforestasi terhadap Emisi CO₂ pada Negara Beriklim Tropis di Benua Asia. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 8(2), 1239–1256.
- Gamayanti, N. F. & Junaidi, J. (2021). Pemodelan Hasil Produksi Padi di Provinsi Sulawesi Tengah menggunakan Fixed Effect Model (FEM). *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 15(2), 347–354.
- GeoDatos (2024). World geographical data. Accessed: 2024-08-15.
- Hutagalung, I. P. & Darnius, O. (2022). Analisis Regresi Data Panel Dengan Pendekatan Common Effect Model (CEM), Fixed Effect Model (FEM) dan

- Random Effect Model (REM) (Studi Kasus : IPM Sumatera Utara Periode 2014 – 2020). *FARABI: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 5(2), 217–226.
- Ikhsanudin, M. R. & Pasaribu, E. (2023). Modeling the Percentage of Poor Population in Java Island using Geographically Weighted Regression Approach. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 20(1), 229–244.
- Khan, M. K., Teng, J.-Z., Khan, M. I., & Khan, M. O. (2019). Impact of globalization, economic factors and energy consumption on CO2 emissions in Pakistan. *Science of The Total Environment*, 688, 424–436.
- Li, C. & Managi, S. (2022). Estimating monthly global ground-level NO2 concentrations using geographically weighted panel regression. *Remote Sensing of Environment*, 280, 113152.
- Majeed, M. T. & Ozturk, I. (2020). Environmental degradation and population health outcomes: a global panel data analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(13), 15901–15911.
- Mar'ah, Z. & Sifriyani, S. (2023). Geographically Weighted Panel Regression (GWPR) for COVID-19 Case in Indonesia. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 17(2), 0879–0886.
- Martha, S., Yundari, Y., Rizki, S. W., & Tamtama, R. (2021). Penerapan Metode Geographically Weighted Panel Regression (GWPR) pada Kasus Kemiskinan di Indonesia. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 15(2), 241–248.
- Maulana, A. F., Sukmawaty, Y., & Maisarah, M. (2024). Penerapan model geographically weighted panel regression pada tingkat kemiskinan di provinsi

- kalimantan selatan. *RAGAM: Journal of Statistics & Its Application*, 2(2), 66–76.
- Meutuah, S. M., Yasin, H., & Maruddani, D. A. I. (2017). Pemodelan Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression untuk Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah. *Jurnal Gaussian*, 6(2), 241–250.
- Munir, Q., Lean, H. H., & Smyth, R. (2020). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries: A cross-sectional dependence approach. *Energy Economics*, 85, 104571.
- Mushtaq, M., Hameed, G., Ahmed, S., Fahlevi, M., Aljuaid, M., & Saniuk, S. (2024). How does economic policy uncertainty impact CO2 emissions? Investigating investment's role across 22 economies (1997–2021). *Energy Reports*, 11, 5083–5091.
- Nurhayati, I. C., Rusgiyono, A., & Yasin, H. (2018). Robust geographically weighted regression dengan metode mutlak simpangan terkecil pada pemodelan kejadian diare di kota semarang. *Jurnal Gaussian*, 7(2), 143–152.
- Paraschiv, S. & Paraschiv, L. S. (2020). Trends of carbon dioxide (CO2) emissions from fossil fuels combustion (coal, gas and oil) in the EU member states from 1960 to 2018. *Energy Reports*.
- Pradhan, R. P., Nair, M. S., Hall, J. H., & Bennett, S. E. (2024). Planetary health issues in the developing world: Dynamics between transportation systems, sustainable economic development, and CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*, 449, 140842.
- Putri, N. A. & Karimi, K. (2025). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi

- emisi karbon dioksida (co2) sektor pertanian di indonesia. *Journal of Economic Development*, 3(1), 14–23.
- Rahmandani, N. & Dewi, E. P. (2023). Pengaruh Energi Terbarukan, Emisi Karbon, Dan Foreign Direct Investment Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Negara Anggota OKI. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*, 9(01), 405–417.
- Ratnasari, V., Audha, S. H., & Dani, A. T. R. (2023). Statistical modeling to analyze factors affecting the middle-income trap in Indonesia using panel data regression. *MethodsX*, 11, 102379.
- Ridhawati, Suyitno, & Wasono (2021). Model Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR) dengan Fungsi Pembobot Adaptive Gaussian (Studi Kasus : Angka Kematian Ibu (AKI) di 24 Kab/Kota Kalimantan Timur dan Kalimantan Barat Tahun 2017). *Jurnal EKSPONENSIAL*, 12(2), 143–152.
- Santini, N. S., Adame, M. F., Nolan, R. H., Miquelajauregui, Y., Piñero, D., Mastretta-Yanes, A., Cuervo-Robayo, P., & Eamus, D. (2019). Storage of organic carbon in the soils of Mexican temperate forests. *Forest Ecology and Management*, 446, 115–125.
- Sari, R. P. & Muliani, F. (2023). Penerapan Metode Geographically Weighted Regression (GWR) Pada Kasus Pneumonia Balita di Kabupaten Aceh Tamiang, Kota Langsa, dan Kabupaten Aceh Timur. 5(1), 10–25.
- Shereen, S. & Laulita, N. B. (2023). Pengaruh Aktivitas Penggunaan Energi terhadap Emisi CO2 (Studi Kasus: Sembilan Negara dengan Kumulatif Emisi Terbesar). *Ecoplan*, 6(2), 118–129.
- Sihombing, E. D., Andini, A., Yanti, R. D., & Hidayati, N. (2023). Pemodelan

- Konsumsi Beras Menggunakan Geographically Weighted Regression (GWR). 1(3), 27–36.
- Siti Hartina Daulay & Elmanani Simamora (2023). Pemodelan Faktor-Faktor Penyebab Kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (GWR). *JURNAL RISET RUMPUN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM*, 2(1), 47–60.
- Somosi, S., Kiss, G. D., & Md Tanvir Alam, S. (2024). Examination of carbon dioxide emissions and renewables in Southeast Asian countries based on a panel vector autoregressive model. *Journal of Cleaner Production*, 436, 140174.
- Sugiarto, A., Utaya, S., Sumarmi, Bachri, S., & Shrestha, R. P. (2024). Estimation of carbon stocks and CO₂ emissions resulting from the forest destruction in West Kalimantan, Indonesia. *Environmental Challenges*, 17, 101010.
- Susetyo, B. & Fitrianto, A. (2024). Estimating Missing Panel Data with Regression and Multivariate Imputation by Chained Equations (MICE). *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 9(1), 94–105.
- Syahrizal, H. & Jailani, M. S. (2023). Jenis-jenis penelitian dalam penelitian kuantitatif dan kualitatif. *QOSIM: Jurnal Pendidikan, Sosial & Humaniora*, 1(1), 13–23.
- The World Bank (2024). Population, total. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>. Accessed: 2024-08-15.
- Tiopan Sitorus, A. L. & Simamora, E. (2024). Metode Geographically Weighted Panel Regression (GWPR) Untuk Menganalisis Faktor Yang Mempengaruhi

- Kemiskinan Di Provinsi Sumatera Utara. *Ranah Research : Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 6(1), 155–167.
- Wati, D. C. & Utami, H. (2020). Model Geographically Weighted Panel Regression (GWPR) dengan Fungsi Kernel Fixed Gaussian Pada Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Timur. *Jurnal Matematika Thales*, 2(1), 78–97.
- World Bank (2024a). Forest area (% of land area). <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.K2?view=chart>. Accessed: 2024-08-15.
- World Bank (2024b). Gdp per capita (constant 2015 us\$). <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD>. Accessed: 2024-08-15.
- Wu, J., Abban, O. J., Boadi, A. D., Addae, E. A., Akhtar, M., Hongxing, Y., & Ofori, C. (2022). Time–frequency contained co-movement of renewable electricity production, globalization, and co2 emissions: A wavelet-based analysis in Asia. *Energy Reports*, 8, 15189–15205.
- Yuping, L., Ramzan, M., Xincheng, L., Murshed, M., Awosusi, A. A., Bah, S. I., & Adebayo, T. S. (2021). Determinants of carbon emissions in Argentina: The roles of renewable energy consumption and globalization. *Energy Reports*, 7, 4747–4760.