

**PEMODELAN *ROBUST GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION*
(RGWR) DENGAN S-ESTIMATOR UNTUK JUMLAH KASUS
TUBERKULOSIS DI PROVINSI JAWA BARAT TAHUN 2024**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh
gelar Sarjana Matematika pada Program Studi Matematika



Oleh:

Humaira Rizqi Tridianti

NIM. 2103415

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

LEMBAR HAK CIPTA

PEMODELAN *ROBUST GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* (RGWR) DENGAN S-ESTIMATOR UNTUK JUMLAH KASUS TUBERKULOSIS DI PROVINSI JAWA BARAT TAHUN 2024

Oleh

Humaira Rizqi Tridianti

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Humaira Rizqi Tridianti 2025

Universitas Pendidikan Indonesia

Juli 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

HUMAIRA RIZQI TRIDIANTI

**PEMODELAN *ROBUST GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION*
(RGWR) DENGAN *S-ESTIMATOR*
UNTUK JUMLAH KASUS TUBERKULOSIS DI PROVINSI JAWA BARAT
TAHUN 2024**

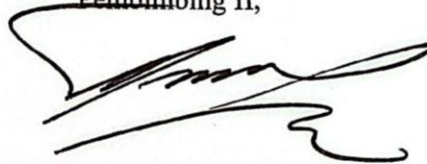
Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I,



Fitriani Agustina, S.Si., M.Si.
NIP. 198108142005012001

Pembimbing II,



Drs. Nar Herrhyanto, M.Pd.
NIP. 196106181987031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.
NIP. 198207282005012001

ABSTRAK

Geographically Weighted Regression (GWR) adalah pengembangan dari regresi linear berganda yang mempertimbangkan faktor spasial, sehingga nilai estimasi parameternya berbeda di tiap lokasi pengamatan. Namun, dalam praktik analisis data, terkadang ditemukan pencilan yang dapat memengaruhi keakuratan estimasi parameter yang menyebabkan nilai estimasi parameternya menjadi bias. Untuk mengatasi hal ini, digunakan regresi *robust* dengan S-Estimator dalam model GWR, yang dikenal sebagai *Robust GWR* (RGWR). Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh model GWR yang lebih kekar terhadap keberadaan pencilan melalui penerapan RGWR pada kasus Tuberkulosis (TBC) di Provinsi Jawa Barat Tahun 2024. Variabel independen yang digunakan pada penelitian adalah Jumlah Penduduk Miskin (X_1), Jumlah Kasus HIV (X_2), Indeks Umur Harapan Hidup (X_3), Persentase Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (X_4), Persentase Rumah Tangga yang Memiliki Akses terhadap Sanitasi Layak (X_5), Kepadatan Penduduk (X_6), dan Jumlah Rumah Sakit Umum (X_7). Berdasarkan hasil analisis, diperoleh 27 model RGWR untuk 27 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat. Model ini menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,9543, yang menunjukkan bahwa 95,43% Jumlah Kasus TBC di Jawa Barat tahun 2024 dapat dijelaskan oleh variabel-variabel dalam model, sementara sisanya sebesar 4,57% dipengaruhi oleh faktor lainnya. Pada penelitian ini, model RGWR memiliki nilai R^2 yang lebih besar dan nilai MAD serta RMSE yang lebih kecil dibandingkan dengan model GWR. Hal tersebut menandakan bahwa RGWR lebih sesuai untuk memodelkan Jumlah Kasus TBC setiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2024 dibandingkan dengan model GWR.

Kata kunci : Heterogenitas spasial, Pencilan, GWR, *Robust GWR*, Tuberkulosis

ABSTRACT

Geographically Weighted Regression (GWR) is a development of multiple linear regression that considers spatial factors, so that the parameter estimation value is different in each location of observation. However, in the practice of data analysis, outliers are sometimes found that can affect the accuracy of parameter estimation which causes the estimated value of the parameters to be biased. To overcome this, robust regression with S-Estimator is used in GWR model, known as Robust GWR (RGWR). This study aims to obtain a GWR model that is more robust to the presence of outliers through the application of RGWR on Tuberculosis (TBC) cases in West Java Province in 2024. The independent variables used in the study are the number of poor people (X_1), the number of HIV cases (X_2), life expectancy index (X_3), percentage of clean and healthy living behavior (X_4), percentage of households that have access to proper sanitation (X_5), population density (X_6), and number of public hospitals (X_7). Based on the analysis, 27 RGWR models were obtained for 27 districts/cities in West Java Province. This model produces an R^2 value of 0.9543, which indicates that the number of TB cases in West Java in 2024 can be explained by the variables in the model, while the remaining 4.57% is influenced by other factors. In this study, the RGWR model has a larger R^2 value and a smaller MAD and RMSE value compared to the GWR model. This indicates that RGWR is more suitable for modeling the number of TB cases in each district/city in West Java Province in 2024 compared to the GWR model.

Keywords : *Spatial Heterogeneity, Outlier, GWR, Robust GWR, Tuberculosis*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Data Spasial	7
2.2 Regresi Linear Berganda	7
2.3 Pengujian Asumsi Klasik.....	8
2.3.1 Uji Normalitas	8
2.3.2 Uji Linearitas.....	9
2.3.3 Uji Autokorelasi	10
2.3.4 Uji Multikolinearitas	11
2.3.5 Uji Heteroskedastisitas	11
2.4 Pengujian Heterogenitas Spasial	12
2.5 <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i>	13
2.6 Estimasi Parameter Model GWR	14

2.7	<i>Bandwith</i>	17
2.8	Pembobot Model GWR.....	18
2.9	Pencilan (<i>Outlier</i>).....	18
2.10	Fungsi Objektif.....	20
2.11	<i>Normalized Median Absolute Deviation</i> (NMAD).....	21
2.12	Regresi <i>Robust</i> dengan S-Estimator	22
2.13	Tuberkulosis	23
2.13.1	Faktor Penyebab Tuberkulosis	24
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Jenis Penelitian dan Sumber Data	27
3.2	Variabel Penelitian.....	27
3.3	Pemodelan <i>Robust Geographically Weighted Regression</i> (RGWR).....	30
3.3.1	Uji Signifikansi Parameter Model RGWR.....	35
3.3.2	Pemilihan Model Terbaik	36
3.4	Prosedur Analisis Data menggunakan RGWR.....	37
3.5	Alur Penelitian.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Analisis Statistika Deskriptif.....	41
4.2	Visualisasi Data	42
4.3	Uji Asumsi Klasik.....	48
4.3.1	Uji Normalitas	48
4.3.2	Uji Linearitas.....	49
4.3.3	Uji Autokorelasi	50
4.3.4	Uji Multikolinearitas	51
4.3.5	Uji Heteroskedastisitas	52
4.4	Pengujian Heterogenitas Spasial	54
4.5	Pemodelan dengan Menggunakan GWR.....	54
4.5.1	Menentukan Bandwith Optimum	54
4.5.2	Menentukan Jarak Euclidean.....	55
4.5.3	Menentukan Matriks Pembobot	56
4.5.4	Estimasi Parameter GWR Setiap Kabupaten/Kota	57

4.5.5	Pendeteksian Pencilan	58
4.6	Pemodelan Menggunakan <i>Robust</i> GWR (RGWR) dengan S-Estimator	59
4.6.1	Menentukan Skala Residual dan Residual Standar	60
4.6.2	Menentukan Matriks Pembobot <i>Robust</i>	61
4.6.3	Menentukan Matriks Pembobot Gabungan	62
4.6.4	Estimasi Parameter RGWR Setiap Kabupaten/Kota	63
4.7	Pengujian Signifikansi Parameter	64
4.8	Pemilihan Model Terbaik	72
4.9	Interpretasi dari Hasil Model RGWR	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		76
5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....		78
LAMPIRAN.....		83

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian.....	28
Tabel 4. 1 Analisis Statistika Deskriptif.....	42
Tabel 4. 2 Uji Normalitas	49
Tabel 4. 3 Uji Autokorelasi	50
Tabel 4. 4 Uji Multikolinearitas	51
Tabel 4. 5 Uji Heteroskedastisitas	52
Tabel 4. 6 Jarak <i>Euclidean</i>	56
Tabel 4. 7 Matriks Pembobot	57
Tabel 4. 8 Skala Residual	60
Tabel 4. 9 Residual Standar.....	61
Tabel 4. 10 Matriks Pembobot <i>Robust</i>	62
Tabel 4. 11 Matriks Pembobot Gabungan.....	63
Tabel 4. 12 Estimasi Parameter Model RGWR	63
Tabel 4. 13 Variabel Signifikan.....	64
Tabel 4. 14 Evaluasi Model.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Trend</i> Jumlah Kasus TBC.....	4
Gambar 2. 1 Identifikasi Pencilan.....	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	40
Gambar 4. 1 Peta Tematik Jumlah Kasus Tuberkulosis (Y)	43
Gambar 4. 2 Peta Tematik Jumlah Penduduk Miskin (X1).....	44
Gambar 4. 3 Peta Tematik Jumlah Kasus HIV (X2)	44
Gambar 4. 4 Peta Tematik Indeks Umur Harapan Hidup (X3).....	45
Gambar 4. 5 Peta Tematik Persentase RT Ber-PHBS (X4).....	46
Gambar 4. 6 Peta Tematik Persentase RT Akses Sanitasi Layak (X5).....	46
Gambar 4. 7 Peta Tematik Kepadatan Penduduk (X6)	47
Gambar 4. 8 Peta Tematik Jumlah Rumah Sakit Umum (X7)	48
Gambar 4. 9 <i>Output</i> Uji Linearitas.....	50
Gambar 4. 10 <i>Output</i> Uji Breusch-Pagan	54
Gambar 4. 11 <i>Output Bandwith</i> Optimum	55
Gambar 4. 12 <i>Output</i> Model GWR.....	58
Gambar 4. 13 Pendeteksian Pencilan	59
Gambar 4. 14 Peta Signifikansi X1.....	66
Gambar 4. 15 Peta Signifikansi X2.....	67
Gambar 4. 16 Peta Signifikansi X3.....	67
Gambar 4. 17 Peta Signifikansi X4.....	68
Gambar 4. 18 Peta Signifikansi X5.....	69
Gambar 4. 19 Peta Signifikansi X6.....	70
Gambar 4. 20 Peta Signifikansi X7	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dataset Variabel Bebas dan Tak Bebas.....	83
Lampiran 2. Data Koordinat Lintang (<i>Latitude</i>) dan Bujur (<i>Longitude</i>)	84
Lampiran 3. <i>Syntax</i> RESET <i>Test</i> Menggunakan Rstudio.....	85
Lampiran 5. Jarak <i>Euclidean</i> Antarlokasi Pengamatan	87
Lampiran 6. Matriks Pembobot.....	88
Lampiran 7. Hasil Estimasi Parameter GWR	89
Lampiran 8. <i>Output</i> Pendeteksian Pencilan Model GWR	90
Lampiran 9. Skala Residual	91
Lampiran 10. Residual Standar	92
Lampiran 11. Matriks Pembobot <i>Robust</i>	93
Lampiran 12. Matriks Pembobot Gabungan	94
Lampiran 13. Hasil Estimasi Parameter RGWR dengan S-Estimator	95
Lampiran 14. Data t Hitung	96

DAFTAR PUSTAKA

- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands.
- Ardhani, R. (2023). *Pemodelan Multiscale Geographically Weighted Regression (MGWR) untuk Analisis Angka Buta Huruf di Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2021*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Arum, P. R., Ridwan, M., Alfidayanti, I., & Wasono, R. (2024). Robust Geographically Weighted Regression With Least Absolute Deviation (Lad) Estimation and M-Estimation on Grdp of West Java Province. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 18(3), 1573–1584. <https://doi.org/10.30598/barekengvol18iss3pp1573-1584>
- Azkia, Q., & Andayani, S. (2023). Pemodelan Penyebaran Penyakit Tuberkulosis di Provinsi Jawa Barat Menggunakan Geographically Weighted Regression. *Jurnal Statistika dan Sains Data*, 1(1), 67–80. <https://journal.student.uny.ac.id/index.php/jssd>
- Basit Amir, A., Musa, R., & Ashad, H. (2022). Sistem Informasi Geografis (SIG) pada Jaringan Drainase Kota Watampone. *Jurnal Konstruksi*, 1(7), 40–48.
- Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? -Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>
- Destyanugraha, R., & Kurniawan, R. (2017). Pemodelan Angka Kematian Ibu Di Indonesia Dengan Pendekatan Geographically Weighted Poisson Regression. *Jurnal Matematika Sains dan Teknologi*, 18(2), 76–94. <https://doi.org/10.33830/jmst.v18i2.131.2017>
- Dinas Kesehatan Jawa Barat. (2024). *Profil Kesehatan Jawa Barat Tahun 2023*. Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat.
- Dinas Kesehatan Jawa Barat. (2025). *Profil Kesehatan Jawa Barat Tahun 2024*. Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat.
- Dinas Kesehatan Kota Bandung. (2021). *Profil Kesehatan Kota Bandung 2020*. Dinas Kesehatan Kota Bandung.
- Draper, N. R., & Smith, H. (1998). *Applied Regression Analysis* (3 ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Erda, G., Indahwati, & Djuraidah, A. (2019). Outlier handling of Robust Geographically and Temporally Weighted Regression. *Journal of Physics: Conference Series*, 1175(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012041>
- Fadlina, N. A. S. (2024). *Pemodelan Geographically Weighted Regression*

Principal Component Analysis (GWRPCA) dengan Fungsi Pembobot Fixed Bisquare (Studi Kasus: Jumlah Kematian Bayi di Provinsi Sulawesi Tengah Tahun 2022). Universitas Pendidikan Indonesia.

- Fat'Ha, N., & Sutanto, H. T. (2020). Identifikasi Autokorelasi Spasial Pada Pengangguran Di Jawa Timur Menggunakan Indeks Moran. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 8(2), 89–92. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v8n2.p89-92>
- Febawanti. (2017). *Pemodelan Robust Geographically Weighted Regression (RGWR) Pada Data yang Mengandung Pencilan (Studi Kasus Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Jawa Timur Tahun 2015)*. Universitas Brawijaya.
- Febrianti, L., Andriyana, Y., & Faidah, D. Y. (2023). Pemodelan dan Pemetaan Kejadian Pneumonia pada Balita di Kota Bandung menggunakan Metode Geographically and Temporally Weighted Regression (GTWR). *E-Journal BIAStatistics \ Departemen Statistika FMIPA Universitas Padjajaran*, 6274(2), 277–295. <http://biastatistics.statistics.unpad.ac.id/index.php/biastatistics/article/view/226/229>
- Fitri, M. N., Hermiyanti, P., Khambali, Setiawan, & Marlik. (2022). Kejadian Tuberkulosis Paru di Wilayah Kerja Puskesmas Driyorejo Dipengaruhi oleh Sanitasi Rumah. *urnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 13(829), 861–864.
- Fotheringham, A. S., Brunsdon, C., & Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression, the Analysis of Spatially Varying Relationships*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Fox, J. (2002). *Robust Regression : Appendix to An R and S-Plus Companion to Applied Regression*.
- Geologinesia. (2016). *Jenis-jenis Sumber Data Spasial SIG*. <https://www.geologinesia.com/2016/01/jenis-jenis-sumber-data-spasial-sig.html>
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 25*. Kota Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponogoro.
- Hermawan, T. (2019). Aplikasi Bootstrap Pada Analisis Regresi Untuk Data Kecelakaan Kerja. *Academy of Education Journal*, 10(01), 55–62. <https://doi.org/10.47200/aoej.v10i01.271>
- Herrhyanto, N. (2017). *Analisis Data Kuantitatif dengan Statistika Inferensial (I)*. Kota Bandung: YRAMA WIDYA.
- Hurvich, C. M., & Tsai, C. L. (1989). Regression and time series model selection in small samples. *Biometrika*, 76(2), 297–307. <https://doi.org/10.1093/biomet/76.2.297>

- Juliandi, A., Irfan, & Manurung, S. (2014). *Metodologi Penelitian Bisnis: Konsep dan Aplikasi*. Kota Medan: UMSU Press.
- Kementerian Kesehatan. (2022). *TBC*.
https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/1375/tbc
- Kementerian Kesehatan. (2024). *Tahukah Kamu Pencegahan TBC Dapat Dimulai Dari Diri Sendiri?* https://ayosehat.kemkes.go.id/tahukah-kamu-pencegahan-tbc-dapat-dimulai-dari-diri-sendiri?utm_source
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2016). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 67 Tahun 2016 tentang Penanggulangan Tuberkulosis*.
<https://peraturan.bpk.go.id/Details/114486/permenkes-no-67-tahun-2016>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/755/2019 tentang Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tata Laksana Tuberkulosis*.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2024a). *Laporan Kinerja Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Tahun 2023*.
https://ppid.kemkes.go.id/toapsoot/2024/10/FINAL_LAKIP-KEMENKES-2023_compressed.pdf
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2024b). *Profil Kesehatan Indonesia 2023*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Lee, Y. S., Kim, T. H., & Newbold, P. (2005). Spurious nonlinear regressions in econometrics. *Economics Letters*, 87(3), 301–306.
<https://doi.org/10.1016/j.econlet.2004.10.016>
- Leung, Y., Mei, C. L., & Zhang, W. X. (2000). Statistical tests for spatial nonstationarity based on the geographically weighted regression model. *Environment and Planning A*, 32(1), 9–32. <https://doi.org/10.1068/a3162>
- Lönnroth, K., Jaramillo, E., Williams, B. G., Dye, C., & Raviglione, M. (2009). Drivers of tuberculosis epidemics: The role of risk factors and social determinants. *Social Science and Medicine*, 68(12), 2240–2246.
<https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2009.03.041>
- Lutfiani, N., & Scolastika Mariani, dan. (2019). Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) dengan Fungsi Pembobot Kernel Gaussian dan Bi-square. *UNNES Journal of Mathematics*, 5(1), 82–91.
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujmUJM8>
- Mala, F., & Hidayat, M. F. (2023). Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia Nusa Tenggara Barat Menggunakan Geographically Weighted Regression. *Euler : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, 11(2), 339–350.
<https://doi.org/10.37905/euler.v11i2.23042>
- MARDIATMOKO, G.-. (2020). Pentingnya Uji Asumsi Klasik Pada Analisis Regresi Linier Berganda. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*,

- 14(3), 333–342. <https://doi.org/10.30598/barekengvol14iss3pp333-342>
- Maronna, R. ., Martin, D., & Yohai, V. . (2006). *Robust Statistics: Theory & Methods*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Milla Khariyani, A., Putranda Setiawan, E., & Krismiantini. (2022). Analisis Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Jumlah Penderita Tuberkulosis Menggunakan Geographically Weighted Regression Di Provinsi Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Statistika*, 2, 16–26. <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/SNMSA/article/view/894>
- Munikah, T., Pramoedyo, H., & Fitriani, R. (2014). Pemodelan Geographically Weighted Regression dengan Pembobot Fixed Gaussian Kernel pada Data Spasial (Studi Kasus Ketahanan Pangan di Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan). *Natural B*, 2(3), 296–302.
- Nadya, M., Rahayu, W., & Santi, V. M. (2017). Analisis Geographically Weighted Regression (Gwr) Pada Kasus Pneumonia Balita Di Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*, 1(1), 23–32. <https://doi.org/10.21009/jsa.01103>
- Ningtyas, D. S. (2019). *Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) Dengan Fungsi Pembobot Adaptive Gaussian Kernel, Adaptive Bisquare Kernel Dan Adaptive Tricube Kernel*. Universitas Brawijaya.
- Olive, D. J. (2008). *Applied Robust Regression*. <http://parker.ad.siu.edu/Olive/run.pdf>
- Portet, S. (2020). A primer on model selection using the Akaike Information Criterion. *Infectious Disease Modelling*, 5, 111–128. <https://doi.org/10.1016/j.idm.2019.12.010>
- Prasetyo, R. A. (2022). Analisis Regresi Linear Berganda Untuk Melihat Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Kemiskinan di Provinsi Sumatera Barat. *Journal of Mathematics UNP*, 7(2), 62. <https://doi.org/10.24036/unpjomath.v7i2.12777>
- Putri, M., Siahaan, A., & Husein, I. (2024). Robust Geographically Weighted Regression Modeling In Cases Of Stunting Toddlers In North Sumatera Utara. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering*, 5(2), 686–693. <https://doi.org/10.30596/jcositte.v5i2.20934>
- Rahayu, D. A., Nursholihah, U. F., Suryaputra, G., & Surono, S. (2023). Comparasion of The M, MM and S Estimator in Robust Regression Analysis on Indonesian Literacy Index Data 2018. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*, 4(1), 11–22. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol4.iss1.art2>
- Salibian-Barrera, M., & Yohai, V. J. (2006). A fast algorithm for S-regression estimates. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 15(2), 414–427. <https://doi.org/10.1198/106186006X113629>

- Santi, V. M., Mutia, A. N., & Meidianingsih, Q. (2022). Geographically Weighted Regression dalam Menganalisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kasus Tuberkulosis di Sumatera Utara. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 19(2), 107–116. <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v19i2.9020>
- Shekhar, S., Lu, C. T., & Zhang, P. (2003). A unified approach to detecting spatial outliers. *GeoInformatica*, 7(2), 139–166. <https://doi.org/10.1023/A:1023455925009>
- Singgih, M. N. A., & Fauzan, A. (2022). Comparison of M Estimation, S Estimation, with MM Estimation to Get the Best Estimation of Robust Regression in Criminal Cases in Indonesia. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 18(2), 251–260. <https://doi.org/10.20956/j.v18i2.18630>
- Soemartini. (2007). *Pencilan (Outlier)*. Jatinangor: Program Studi Statistika, Universitas Padjadjaran.
- Sugiyono. (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Kota Bandung: Alfabeta.
- World Health Organization. (2021). *Global Tuberculosis Report 2021*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2025). *Tuberculosis*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>
- Wulandari, P. P., Djuraidah, A., & Wigena, A. H. (2019). Robust Geographically Weighted Regression Modeling using Least Absolute Deviation and M-Estimator. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, 6(Bi 2015), 238–245. <https://doi.org/10.32628/ijrsrset196123>
- Yasin, H. (2011). Pemilihan Variabel Pada Model Geographically Weighted Regression. *Media Statistika*, 4(2), 63–72. <https://doi.org/10.14710/medstat.4.2.63-72>
- Yuliana, S., Hasih, P., Sri Sulistijowati, H., & Twenty, L. (2014). M Estimation, S Estimation, and MM Estimation in Robust Regression. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 91(3), 349–360.
- Yuriantari, N. P., Hayati, M. N., & Wahyuningsih, D. S. (2017). Analisis Autokorelasi Spasialtitik Panas Di Kalimantan Timur Menggunakan Indeks Moran dan Local Indicator Of Spatial Autocorrelation (LISA) Analysis Spatial Autocorrelation Hotspot in East Kalimantan Using Index Moran and Local Indicator of Spatial Autoco. *Jurnal EKSPONENSIAL*, 8(1), 63–70.