

**MODEL *MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* UNTUK
PEMETAAN FAKTOR PENENTU TUBERKULOSIS DI JAWA TIMUR**

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh
FEBI VIANTI
09010221008

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

2025

**MODEL *MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* UNTUK
PEMETAAN FAKTOR PENENTU TUBERKULOSIS DI JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat) pada Program Studi Matematika



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun oleh
FEBI VIANTI
09010221008

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

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : FEBI VIANTI

NIM : 09010221008

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2021

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "*Model Mixed Geographically Weighted Regression* untuk Pemetaan Faktor Penentu Tuberkulosis di Jawa Timur". 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, 6 Maret 2025

Yang menyatakan,



FEBI VIANTI

NIM. 09010221008

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : FEBI VIANTI

NIM : 09010221008

Judul proposal skripsi : Model *Mixed Geographically Weighted Regression* untuk
Pemetaan Faktor Penentu Tuberkulosis di Jawa Timur

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I



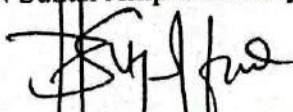
Ahmad Hanif Asyhar, M.Si.
NIP. 198601232014031001

Pembimbing II



Hani Khaulasari, M.Si.
NIP. 199102092020122011

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI


Skripsi oleh

Nama : FEBI VIANTI
NIM : 09010221008
Judul Skripsi : Model *Mixed Geographically Weighted Regression* untuk
Pemetaan Faktor Penentu Tuberkulosis di Jawa Timur


Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 6 Maret 2025

Mengesahkan,
Tim Penguji


Penguji I


Putroue Keumala Intan, M.Si.
NIP. 198805282018012001


Penguji II


Dr. Dian Candra Rini Novitasari, M.Kom.
NIP. 198511242014032001

Penguji III


Ahmad Hanif Asyhar, M.Si.
NIP. 198601232014031001

Penguji IV


Hani Khaulasari, M.Si.
NIP. 199102092020122011

Mengetahui,


Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

M. Hamdani, M.Pd.
NIP. 19507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : FEBI VIANTI
NIM : 09010221008
Fakultas/Jurusan : SAINTEK / MATEMATIKA
E-mail address : 09010221008@student.uinsby.ac.id

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

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

MODEL MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION
UNTUK PEMETAAN FAKTOR PENENTU TUBERKULOSIS
DI JAWA TIMUR

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, 06 Maret 2025

Penulis

(Febi Vianti)
nama terang dan tanda tangan

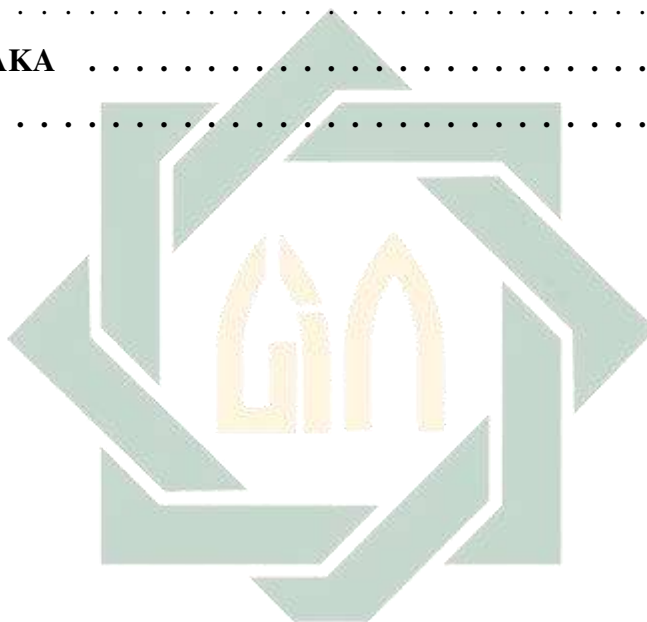
DAFTAR ISI

| | |
|--|--------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING | ii |
| PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN | iv |
| MOTTO | v |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vi |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| ABSTRAK | xvii |
| ABSTRACT | xviii |
| I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 10 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 11 |
| 1.4. Manfaat Penelitian | 11 |
| 1.5. Batasan Masalah | 12 |
| 1.6. Sistematika Penulisan | 13 |
| II TINJAUAN PUSTAKA | 15 |
| 2.1. Tuberkulosis | 15 |
| 2.2. Faktor yang diduga Memengaruhi Tuberkulosis | 18 |
| 2.2.1. Kemiskinan | 18 |
| 2.2.2. Sanitasi Layak | 18 |
| 2.2.3. Memasak Menggunakan Kayu Bakar | 19 |
| 2.2.4. Imunisasi <i>Bacillus Calmette Guerin</i> (BCG) | 19 |
| 2.2.5. HIV/AIDS | 19 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.2.6. | Tempat Fasilitas Umum | 20 |
| 2.2.7. | Tempat Pengolahan Pangan | 20 |
| 2.3. | Statistika Deskriptif | 21 |
| 2.4. | Nonlinearitas | 22 |
| 2.5. | Scatter Plot | 23 |
| 2.6. | Multikolinearitas | 23 |
| 2.7. | Regresi Linier Berganda | 24 |
| 2.7.1. | Uji Serentak (Uji F) | 26 |
| 2.7.2. | Uji Parsial (Uji T) | 27 |
| 2.7.3. | Uji Asumsi Residual | 27 |
| 2.8. | Uji Heterogenitas Spasial | 30 |
| 2.9. | <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i> | 31 |
| 2.9.1. | Jarak Euclidean | 32 |
| 2.9.2. | Bandwidth | 32 |
| 2.9.3. | Fungsi Pembobot | 34 |
| 2.9.4. | Estimasi Parameter Model <i>Geographically Weighted Regression</i> | 35 |
| 2.9.5. | Uji Kesesuaian Model GWR | 38 |
| 2.9.6. | Uji Signifikansi GWR | 39 |
| 2.10. | Uji Variabilitas Spasial | 39 |
| 2.11. | <i>Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)</i> | 41 |
| 2.11.1. | Estimasi Parameter Model MGWR | 42 |
| 2.11.2. | Uji Kesesuaian Model | 44 |
| 2.11.3. | Uji Serentak Model MGWR | 45 |
| 2.11.4. | Uji Parsial Model MGWR | 46 |
| 2.12. | Ukuran Kebaikan | 48 |
| 2.12.1. | Koefisien Determinasi | 48 |
| 2.12.2. | <i>Mean Absolute Percentage Error</i> | 48 |
| 2.12.3. | <i>Akaike Information Criterion (AIC)</i> | 49 |
| 2.13. | Pandangan Islam Terhadap Tuberculosis | 50 |

| | |
|---|-----------|
| III METODE PENELITIAN | 54 |
| 3.1. Jenis Penelitian | 54 |
| 3.2. Jenis dan Sumber Data | 54 |
| 3.3. Kerangka Penelitian | 56 |
| IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 62 |
| 4.1. Statistika Deskriptif | 62 |
| 4.2. Nonlinieritas | 65 |
| 4.3. Scatter Plot | 65 |
| 4.4. Multikolinearitas | 72 |
| 4.5. Regresi Linier Berganda | 73 |
| 4.5.1. Estimasi Parameter Regresi Linier Berganda | 74 |
| 4.5.2. Uji Serentak | 78 |
| 4.5.3. Uji Parsial | 82 |
| 4.5.4. Uji Asumsi Residual | 84 |
| 4.6. Uji Heterogenitas Spasial | 88 |
| 4.7. <i>Geographically Weighted Regression</i> | 89 |
| 4.7.1. Jarak Euclidean | 89 |
| 4.7.2. Bandwith Optimum | 90 |
| 4.7.3. Estimasi Parameter GWR | 95 |
| 4.7.4. Uji Kesesuaian Model GWR | 99 |
| 4.7.5. Uji Signifikansi Parameter GWR | 100 |
| 4.8. Uji Variabilitas Spasial | 103 |
| 4.9. <i>Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)</i> | 105 |
| 4.9.1. Estimasi Parameter MGWR | 106 |
| 4.9.2. Uji Kesesuaian Model MGWR | 113 |
| 4.9.3. Uji Serentak Model MGWR | 118 |
| 4.9.4. Uji Parsial Model MGWR | 122 |
| 4.10. Pemetaan | 130 |
| 4.11. Ukuran Keباikan Model | 132 |
| 4.11.1. Koefisien Determinasi | 132 |

| | |
|---|------------|
| 4.11.2. AIC | 133 |
| 4.11.3. MAPE | 134 |
| 4.12. Diskusi Hasil Penelitian | 135 |
| 4.13. Pemetaan Kasus Tuberkulosis dalam Pandangan Islam | 136 |
| V PENUTUP | 139 |
| 5.1. Kesimpulan | 139 |
| 5.2. Saran | 140 |
| DAFTAR PUSTAKA | 141 |
| A LAMPIRAN | 155 |



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

| | | |
|------|--|-----|
| 2.1 | Tabel ANOVA | 26 |
| 3.1 | Tabel Variabel Penelitian | 55 |
| 3.2 | Struktur Data Penelitian | 56 |
| 4.1 | Statistik deskriptif variabel penelitian | 64 |
| 4.2 | Tabel Deteksi Multikolinearitas | 73 |
| 4.3 | Hasil Analisis Varians (ANOVA) untuk Model Regresi | 82 |
| 4.4 | Tabel Uji Parsial | 83 |
| 4.5 | Tabel Uji Normalitas | 84 |
| 4.6 | Tabel Uji autokorelasi | 85 |
| 4.7 | Tabel Uji residual identik | 87 |
| 4.8 | Hasil Uji Breusch-Pagan untuk Heterogenitas Spasial | 88 |
| 4.9 | Tabel Bandwidth Optimum | 91 |
| 4.10 | Tabel Fungsi Kernel Optimum | 92 |
| 4.11 | Nilai bandwidth <i>Adaptive Gaussian</i> pada masing-masing kabupaten/kota | 93 |
| 4.12 | Pembobot <i>adaptive gaussian</i> pada Kabupaten Pacitan | 94 |
| 4.13 | Tabel Uji Kesesuaian Model | 100 |
| 4.14 | Hasil Uji Signifikansi Parameter | 101 |
| 4.15 | Uji parameter model GWR di Kabupaten/Kota Jawa Timur | 102 |
| 4.17 | Hasil Uji Variabilitas Spasial | 104 |
| 4.18 | Uji Parsial Parameter Global | 125 |
| 4.19 | Tabel Uji Parsial Variabel Lokal | 128 |
| 4.20 | Tabel Uji Parsial Variabel Lokal dan Variabel Global | 129 |
| 4.21 | Hasil ukuran kebaikan dari Regresi Linier Berganda, GWR, dan MGWR | 135 |
| 1.1 | Tabel Data Penelitian | 156 |

| | | |
|------|--|-----|
| 1.2 | Tabel 1.2 Tabel Distribusi F | 157 |
| 1.3 | Tabel Distribusi T | 158 |
| 1.4 | Tabel Nilai Koefisien Shapiro-Wilk untuk data n = 38 | 159 |
| 1.5 | Tabel Shapiro wilk (W_{tabel}) | 160 |
| 1.6 | Tabel Durbin-Watson (DW), $\alpha = 5\%$ | 161 |
| 1.7 | Tabel Chi-Square | 162 |
| 1.8 | Jarak Euclidean Antar Kabupaten/Kota di Jawa Timur | 163 |
| 1.9 | Pembobot Model GWR Dengan Adaptive Gaussian | 164 |
| 1.10 | Nilai Estimasi Parameter GWR untuk masing-masing kabupaten/kota di Jawa Timur. | 165 |
| 1.11 | Persamaan Estimasi Parameter GWR untuk masing-masing kabupaten/kota di Jawa Timur | 166 |
| 1.13 | Hasil Uji Hipotesis | 167 |
| 1.14 | Nilai Estimasi Parameter MGWR untuk masing-masing kabupaten/kota di Jawa Timur. | 174 |
| 1.15 | Persamaan Estimasi Parameter MGWR untuk masing-masing kabupaten/kota di Jawa Timur | 175 |
| 1.17 | Hasil Uji Hipotesis untuk Variabel Lokal di Kabupaten/Kota Jawa Timur | 176 |
| 1.18 | Tabel Nilai Residual per Kabupaten/Kota | 177 |
| 1.19 | Tabel Nilai Prediksi per Kabupaten/Kota | 178 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-----|--|-----|
| 1.1 | Jumlah Kasus <i>Tuberculosis</i> di Indonesia Tahun 2000-2023 | 1 |
| 1.2 | Peta Sebaran Kasus <i>Tuberculosis</i> di Indonesia | 3 |
| 2.1 | Penyebaran <i>Tuberculosis</i> di Dunia | 16 |
| 2.2 | Jumlah Kasus <i>Tuberculosis</i> di Jawa Timur Tahun 2021-2023 | 17 |
| 2.3 | Jenis hubungan korelasi antara variabel x dan y | 23 |
| 2.4 | Bandwidth pada fungsi kernel tetap (<i>fixed</i>) dan adaptif (<i>adaptive</i>) | 33 |
| 3.1 | Peta Administrasi Jawa Timur | 55 |
| 3.2 | Diagram Alir | 57 |
| 4.1 | Persentase Penyebaran <i>Tuberculosis</i> di Jawa Timur | 63 |
| 4.2 | Scatterplot antara persentase kasus <i>tuberculosis</i> dengan persentase kemiskinan | 66 |
| 4.3 | Scatterplot antara persentase kasus <i>tuberculosis</i> dengan persentase sanitasi layak | 67 |
| 4.4 | Scatterplot antara persentase kasus <i>tuberculosis</i> dengan persentase rumah tangga dengan bahan bakar utama memasak kayu | 68 |
| 4.5 | Scatterplot antara persentase kasus <i>tuberculosis</i> dengan persentase bayi mendapatkan imunisasi BCG | 69 |
| 4.6 | Scatterplot antara persentase kasus <i>tuberculosis</i> dengan persentase penderita HIV | 70 |
| 4.7 | Scatterplot antara persentase kasus <i>tuberculosis</i> dengan persentase fasilitas umum sesuai standar | 71 |
| 4.8 | Scatterplot antara persentase kasus <i>tuberculosis</i> dengan persentase tempat pengelolaan pangan sesuai standart | 72 |
| 4.9 | Peta variabel yang berpengaruh terhadap Kasus <i>Tuberculosis</i> di Jawa Timur | 130 |

ABSTRAK

Model *Mixed Geographically Weighted Regression* untuk Pemetaan Faktor Penentu Tuberkulosis di Jawa Timur

Tuberkulosis merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*. Indonesia menempati posisi kedua tertinggi dunia untuk kasus tuberkulosis, dengan Jawa Timur berada di urutan kedua nasional dengan 87.048 kasus. Penelitian ini bertujuan mendapatkan model, memetakan faktor penentu tuberkulosis di 38 kabupaten/kota di Jawa Timur mencakup 9 kota dan 29 kabupaten pada tahun 2023. Data didapatkan dari Dinas Kesehatan Jawa Timur dan Badan Pusat Statistik Jawa Timur, dengan Variabel respon yaitu presentase kasus tuberkulosis, serta 7 variabel prediktor yaitu persentase penduduk miskin (X_1), persentase sanitasi layak (X_2), persentase memasak menggunakan bahan bakar kayu (X_3), persentase bayi mendapat imunisasi BCG (X_4), persentase penderita HIV (X_5), persentase tempat fasilitas umum sesuai standar (X_6), persentase tempat pengelolaan pangan sesuai standar (X_7). Metode yang digunakan adalah *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) yang merupakan pengembangan metode GWR. MGWR digunakan ketika terdapat variabel yang memiliki pengaruh global dan lokal di wilayah observasi dikarenakan MGWR mempertimbangkan pengaruh lokal dan global bersamaan. Didapatkan hasil penelitian menggunakan metode MGWR dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian* dengan ukuran kebaikan R^2 92,55, AIC 98,81, dan MAPE 21,21. Didapatkan 2 kelompok variabel yang memiliki pengaruh signifikan dengan kasus tuberkulosis di Jawa Timur.

Kata kunci:GWR, Jawa Timur, MGWR, Pemetaan, Tuberkulosis.

ABSTRACT

Mixed Geographically Weighted Regression Model for Mapping Tuberculosis Determinants in East Java

Tuberculosis is an infectious disease caused by the *Mycobacterium tuberculosis*. Indonesia has the second highest number of positive tuberculosis cases in the world. East Java is the second highest province nationally with a total of 87,048 positive cases. This study aims to map the factors and determine the goodness of the model that affects tuberculosis in East Java in 2023. The research data came from the East Java Health Office and the East Java Central Bureau of Statistics, with the response variable being the percentage of tuberculosis cases, and 7 predictor variables that are percentage of poor population (X_1), percentage of decent sanitation (X_2), the percentage of cooking using wood fuel (X_3), the percentage of infants immunized with infants get BCG immunization (X_4), percentage of HIV patients (X_5), percentage of public facilities according to the standard (X_6), percentage of food management places according to the standard (X_7). The method used is Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) which is the development of GWR method. MGWR is used when there are variables that have global and local influences in the observation area because MGWR considers local and global influences together. The results obtained using the MGWR method with the weighting function *adaptive gaussian* with a goodness measure of R^2 92.55, AIC 98.81, and MAPE 21.21. Two groups of variables were found to have a significant influence on tuberculosis cases in East Java.

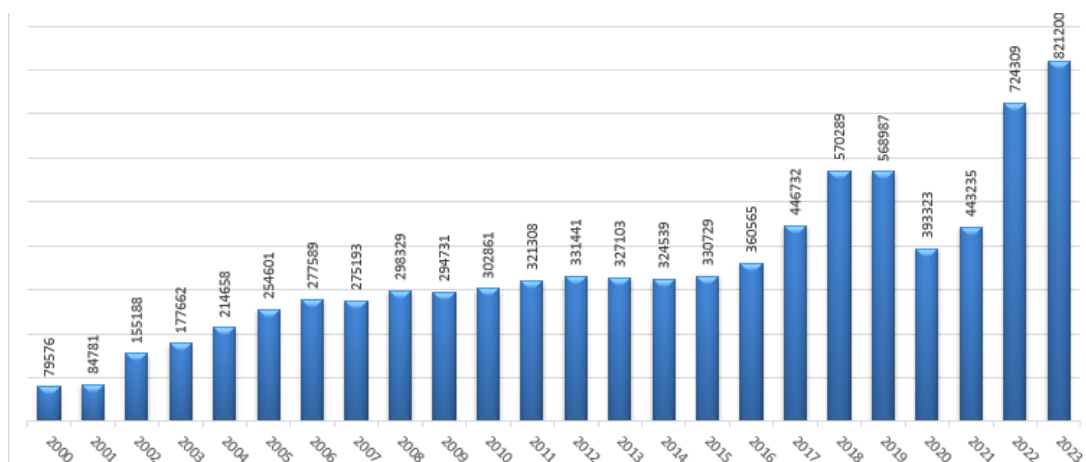
Keywords: East Java, GWR, Mapping, MGWR, Tuberculosis.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

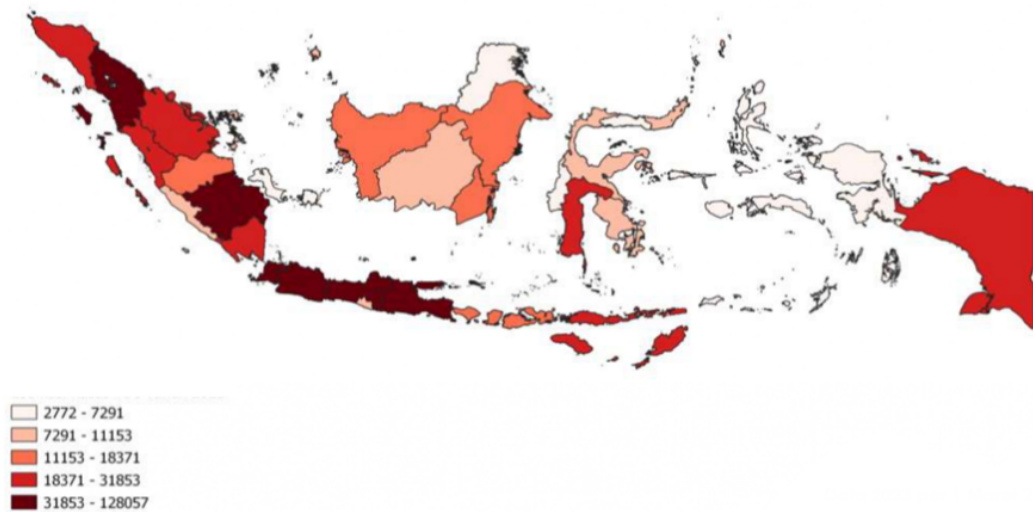
Tuberculosis (TB) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh *mycobacterium tuberculosis* (Pramono, 2021). *Mycobacterium tuberculosis* masuk ke tubuh melalui jalur pernapasan dan sistem pencernaan serta dapat menyebar ke bagian tubuh lainnya. Bakteri tersebut mampu bertahan dalam kondisi udara yang kering serta dalam kondisi dingin dan lembab. Lingkungan lembab dapat membuat bakteri ini bertahan selama beberapa hari bahkan hingga beberapa bulan (Latif et al., 2023). Penularan *Mycobacterium tuberculosis* yang mudah, memperburuk penyebaran tuberkulosis dan berkontribusi pada tingginya angka kematian global akibat penyakit ini.



Gambar 1.1 Jumlah Kasus *Tuberculosis* di Indonesia Tahun 2000-2023

Sumber: (Kementerian Kesehatan, 2024)

Pada tahun 2022 tuberkulosis menempati posisi kedua sebagai penyebab kematian tertinggi di dunia setelah COVID-19. Tuberkulosis menyebabkan kematian 1,4 juta jiwa secara global. Estimasi kasus tuberkulosis di dunia 10.556.328 jiwa yang secara geografis, estimasi terbesar berada di Asia Tenggara. Indonesia menyumbang kasus tuberkulosis terbanyak kedua di dunia dengan estimasi kasus 1.060.000 jiwa dan 134.000 jiwa kematian akibat tuberkulosis (World Health Organization, 2023). Pada Gambar 1.1 dapat dilihat pada tahun tahun 2023 kasus tuberkulosis yang ditemukan 821.200 jiwa, jika dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya angka kasus tuberkulosis di Indonesia mengalami perlonjakan (Kementerian Kesehatan, 2024). Angka insidensi kasus tuberkulosis pada tahun 2022 adalah 354 orang yang positif tuberkulosis dari 100.000 jiwa, dengan angka kematian akibat tuberkulosis sebesar 52 per 100.000 jiwa (Kementerian Kesehatan, 2023). Sebagai salah satu negara dengan populasi besar dan keragaman geografis, Indonesia menghadapi tantangan yang kompleks dalam upaya pengendalian tuberkulosis. Untuk memahami distribusi kasus secara lebih jelas, peta berikut menyajikan gambaran persebaran tuberkulosis di berbagai wilayah Indonesia.



Gambar 1.2 Peta Sebaran Kasus *Tuberculosis* di Indonesia

Sumber: (Kementerian Kesehatan, 2024)

Pada gambar 1.2 menunjukkan beberapa provinsi berwarna merah pekat salah satunya Jawa Timur, menandakan bahwa daerah tersebut memiliki kasus tuberkulosis dengan jumlah yang besar. Tahun 2023 Jawa Timur menjadi provinsi kedua tertinggi kasus positif tuberkulosis dengan total kasus positif 87.048 jiwa. Tuberkulosis menjadi masalah serius dalam dunia kesehatan hingga saat ini (Kementerian Kesehatan, 2024). Tingkat keberhasilan pengobatan tuberkulosis di Jawa Timur 88,5% , dimana masih belum memenuhi target pemerintah yaitu $\geq 90\%$ (BPS Jatim, 2024). Pengobatan TB membutuhkan waktu antara 6 hingga 8 bulan, durasi yang cukup lama sering kali menyebabkan stres pada pasien karena mengganggu aktivitas sehari-hari serta efek samping yang timbul. Efek samping pengobatan seperti mual, muntah, gatal, ruam kulit, hingga perubahan warna kemerahan pada air seni (Wijaya et al., 2021). Selain itu, Pasien tuberkulosis juga dapat menghadapi diskriminasi dari masyarakat, tenaga medis, atau lembaga kesehatan karena anggapan bahwa mereka merupakan sumber penularan penyakit

atau karena stigma yang mengaitkan tuberkulosis dengan kemiskinan dan perilaku tidak higienis (Leon et al., 2024). Kondisi ini menjadi tantangan besar dalam mengatasi tuberkulosis. Tuberkulosis juga memberikan dampak ekonomi yang signifikan melalui munculnya biaya ekonomi, baik biaya langsung maupun biaya tidak langsung. Biaya langsung meliputi pengeluaran untuk pengobatan, pelayanan kesehatan, obat-obatan, tenaga medis, dan fasilitas kesehatan. Tahun 2023 anggaran terkait tuberkulosis mencapai 39,21 miliar (RI, 2023). Sementara itu, biaya tidak langsung berkaitan dengan hilangnya pendapatan akibat penurunan produktivitas para penderita tuberkulosis (Sihaloho et al., 2020).

Menghadapi penyakit menular seperti tuberkulosis, diajarkan untuk berusaha semaksimal mungkin melalui cara-cara ilmiah yang sudah terbukti efektif, namun juga disertai dengan keimanan dan doa kepada Allah. Sebagaimana yang tercermin dalam Surah Yunus ayat 57, diingatkan bahwa Allah SWT menyediakan pelajaran dan obat untuk setiap kesulitan, termasuk penyakit. Ayat al-qur'an Surah Yunus ayat 57 menjelaskan untuk berusaha menghadapi penyakit tuberkulosis seperti di bawah ini ;

يَا أَيُّهَا النَّاسُ قَدْ جَاءَتْكُمْ مَوْعِظَةٌ مِنْ رَبِّكُمْ وَشِفَاءٌ لِمَا فِي الصُّدُورِ وَهُدًى وَرَحْمَةٌ
لِلْمُؤْمِنِينَ

Terjemahan: *"Wahai umat manusia! Sesungguhnya telah datang kepadamu ajaran dari Tuhanmu, yang menjadi penyembuh bagi berbagai penyakit hati, petunjuk, serta rahmat bagi mereka yang beriman."*

Surah yunus ayat 57 mengajarkan bahwa ilmu dan petunjuk Tuhan berfungsi sebagai penyembuh dan petunjuk hidup. Upaya dalam penanggulangan

tuberkulosis, prinsip ini diterapkan dengan meningkatkan pendidikan tentang penyakit, menyediakan pengobatan yang efektif, memberikan dukungan sosial kepada pasien, dan memanfaatkan ilmu pengetahuan medis terbaru. Melalui pendekatan ini, kita dapat menghadapi TBC secara lebih efektif dan menyeluruh. Ayat lain pada Al-Qur'an surah Az-Zumar ayat 18

الَّذِينَ يَسْتَمِعُونَ الْقَوْلَ فَيَتَّبِعُونَ أَحْسَنَهُ أُولَئِكَ الَّذِينَ هَدَاهُمُ اللَّهُ وَأُولَئِكَ هُمْ أُولُوا
الْأَلْبَابِ

Terjemahan: *"Yang mendengarkan perkataan lalu mengikuti apa yang paling baik di antaranya. Mereka itulah orang-orang yang telah diberi Allah petunjuk dan mereka itulah orang-orang yang mempunyai akal."*

Surah Az-Zumar, ayat 18 menekankan pentingnya mengikuti informasi yang terbaik. Penanggulangan tuberkulosis dalam hal ini berarti menggunakan data dan panduan medis yang akurat untuk mengimplementasikan strategi pencegahan dan pengobatan yang efektif.

Berbagai faktor risiko dapat memengaruhi kejadian infeksi tuberkulosis. Faktor yang memengaruhi kejadian tuberkulosis dapat berasal langsung dari karakteristik individu maupun kondisi lingkungan. Orang dengan kekebalan tubuh yang baik bisa mengalami infeksi TB laten, di mana kuman TB tidak aktif dan tidak menimbulkan gejala, sehingga tidak dapat menular ke orang lain. Namun, jika daya tahan tubuh mereka menurun, kuman TB bisa menjadi aktif (Pralambang & Setiawan, 2021). Penelitian terdahulu oleh Noventy & Suparta (2023) mengenai faktor yang berhubungan dengan kejadian tuberkulosis menunjukkan adanya hubungan signifikan antara kemiskinan dengan kejadian tuberkulosis. Masalah

kemiskinan dapat menghambat kemampuan masyarakat dalam memenuhi kebutuhan gizi, tempat tinggal, dan lingkungan yang sehat. Hal ini tentunya akan meningkatkan risiko munculnya penyakit tuberkulosis (Syukur & Pakaya, 2018). Penelitian lainnya oleh Suryani & Ibad (2022) mengenai kejadian tuberkulosis menunjukkan adanya hubungan antara sanitasi lingkungan dengan kejadian tuberkulosis. Sanitasi yang baik dapat mencegah risiko terjadinya tuberkulosis. Penelitian terdahulu oleh Wulanda & Delilah (2021) menunjukkan adanya hubungan signifikan antara imunisasi bcg terhadap kejadian tuberkulosis. Imunisasi bcg efektif mencegah kejadian tuberkulosis. Penelitian terdahulu oleh Budi et al. (2024) menunjukkan terdapat hubungan signifikan kejadian tuberkulosis dengan perilaku penggunaan bahan bakar kayu saat memasak. Penelitian terdahulu oleh Pralambang & Setiawan (2021) menunjukkan adanya hubungan signifikan antara hiv dengan tuberkulosis. Penelitian oleh Muna & Cahyati (2019) menunjukkan adanya hubungan hiv dengan tuberkulosis. Penyakit penyerta seperti HIV diduga berpengaruh terhadap tuberkulosis. Berdasarkan data laporan tuberkulosis tahun 2022 pasien tuberkulosis 4% yang positif HIV (Kementerian Kesehatan, 2023). Tuberkulosis dapat menyerang siapa saja, Penyebaran tuberkulosis dapat terjadi di mana saja termasuk kontak langsung dengan penderita tuberkulosis di fasilitas umum (Prameswari, 2023). Penelitian oleh Ningrum et al. (2022) menunjukkan bahwa tempaf fasilitas umum yang memenuhi standar berhubungan signifikan dengan tuberkulosis. Oleh karena itu, tempat pengelolaan pangan yang higienis dan sesuai dengan standar sangat penting untuk menjamin keamanan dan kebersihan pangan, mencegah penularan penyakit seperti tuberkulosis, serta memastikan kualitas makanan yang akan dikonsumsi (Aisyaroh & Yudhastuti, 2023).

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan populasi yang besar, menghadapi beban yang signifikan dalam upaya penanggulangan penyakit tersebut. Salah satu langkah menanggulangi dengan melakukan pemodelan kejadian tuberkulosis dengan memperhatikan faktor-faktor yang memengaruhinya. Analisis regresi biasanya digunakan untuk menilai pengaruh beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon. Metode ini mengasumsikan nilai parameter regresi sama di seluruh area penelitian (parameter global). Penelitian oleh Karim & Utomo (2022) terkait kejadian tuberkulosis di Jawa Timur menggunakan regresi linier ditemukan pelanggaran asumsi klasik, yaitu terjadi heterogenitas spasial. Regresi linear berganda kurang cocok untuk data yang memiliki pengaruh aspek spasial atau kondisi geografis yang bervariasi (Harahap, 2022). Hal tersebut dibuktikan dari hasil penelitian oleh Karim & Utomo (2022) mendapatkan R^2 46%. Angka kejadian tuberkulosis pada wilayah kabupaten atau kota di Jawa Timur berbeda. Pada gambar 1.2 dapat disimpulkan bahwa wilayah yang berdekatan cenderung saling berpengaruh terhadap kasus tuberkulosis daripada wilayah yang berjauhan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan faktor geografis, aspek sosial, budaya, serta faktor-faktor lainnya yang kemudian memicu terjadinya heterogenitas spasial (Haining, 2003). Heterogenitas spasial yaitu perbedaan kejadian di tiap wilayah. Heterogenitas spasial yang tidak diatasi menyebabkan estimasi parameter menjadi bias, meningkatkan variansi, dan menghasilkan kesimpulan model yang kurang tepat (Mahara & Fauzan, 2021). Salah satu pendekatan yang bisa diterapkan untuk mengatasi masalah heterogenitas spasial adalah *Geographically Weighted Regression* (GWR). Model GWR adalah perluasan dari model regresi global, di mana variabel prediktor dihitung untuk setiap lokasi, menghasilkan nilai regresi yang berbeda. Nilai parameter suatu lokasi dalam analisis spasial biasanya lebih terpengaruh oleh titik-titik yang

berdekatan secara geografis dibandingkan oleh titik yang jauh (Ali et al., 2022). Penelitian oleh (Ningrum et al., 2022) terkait tuberkulosis di Jawa Timur menggunakan metode GWR didapatkan R^2 sebesar 86,47%. Penelitian oleh Khariyani et al. (2022) terkait tuberkulosis di Jawa Timur menggunakan GWR menggunakan dua jenis kernel yaitu gaussian dan bisquare didapatkan nilai aic 563. Berdasarkan kekurangan penelitian sebelumnya terdapat variabel yang tidak hanya berpengaruh lokal tapi juga global. Berdasarkan hal tersebut penelitian dapat dilanjutkan pada pengembangan GWR. Pengembangan tersebut digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR), MGWR mampu menganalisis global dan lokal secara bersamaan untuk hasil yang lebih mendalam (Cholid, 2023). Penelitian terdahulu oleh Nugroho et al. (2024) menyimpulkan bahwa MGWR cocok untuk membentuk model, karena tidak semua variabel prediktor berpengaruh secara lokal, ada juga yang memengaruhi secara keseluruhan. Penelitian lain terkait faktor tuberkulosis yang menggunakan metode MGWR didapatkan R^2 sebesar 93,2%. Hal tersebut menandakan bahwa model memiliki kemampuan untuk menjelaskan hampir seluruh variasi dalam distribusi tuberkulosis di area yang diteliti, dengan tingkat akurasi yang tinggi (Ma & Fan, 2023).

Penelitian terdahulu yang menggunakan GWR oleh Santi et al. (2022) untuk menganalisis faktor tuberkulosis menunjukkan bahwa kemiskinan dan tempat pengelolaan pangan merupakan variabel yang berpengaruh terhadap tuberkulosis. Penelitian lain oleh Noorcintanami et al. (2021) mengenai tuberkulosis dengan metode GWR didapatkan bahwa imunisasi bcg dan HIV berpengaruh signifikan terhadap tuberkulosis. Penelitian lain oleh Ningrum et al. (2022) mengenai tuberkulosis dengan metode GWR didapatkan bahwa tempat

fasilitas umum dan sanitasi layak berpengaruh signifikan terhadap tuberkulosis.

Pemerintah Provinsi Jawa Timur mendukung program Eliminasi TBC 2030 dengan menetapkan target penurunan kasus menjadi 65 per 100.000 penduduk dan mencapai bebas TBC pada tahun 2050 (BPK, 2022). Untuk mendukung upaya pemerintah penelitian ini bertujuan memodelkan dan memetakan faktor penentu tuberkulosis di Jawa Timur menggunakan metode *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR). Metode ini, diharapkan dapat mengidentifikasi wilayah-wilayah di Jawa Timur, yang memerlukan intervensi prioritas dengan lebih akurat sehingga strategi eliminasi tuberkulosis yang disusun oleh pemerintah Provinsi Jawa Timur dapat dilaksanakan dengan lebih efektif dan efisien, guna mencapai target yang telah ditetapkan. Penelitian ini menggunakan tujuh variabel utama untuk menganalisis faktor risiko tuberkulosis, yaitu imunisasi BCG, keamanan fasilitas umum, sanitasi layak, kemiskinan, HIV, kondisi tempat pengelolaan pangan, dan penggunaan bahan bakar kayu untuk memasak. Dari variabel-variabel tersebut, penggunaan bahan bakar kayu untuk memasak menjadi salah satu fokus baru dalam penelitian ini. Studi sebelumnya oleh Budi et al. (2024) menggunakan desain case control dengan analisis chi-square untuk meneliti hubungan antara penggunaan bahan bakar kayu saat memasak dan kejadian tuberkulosis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa individu yang menggunakan bahan bakar kayu memiliki risiko 2,33 kali lebih besar untuk terkena tuberkulosis dibandingkan dengan individu yang tidak menggunakannya. Selain itu, uji chi-square menghasilkan nilai p sebesar 0,041, yang menegaskan adanya hubungan signifikan secara statistik ($p < 0,05$). Penelitian lain oleh Masnarivan et al. (2022) dengan metode analisis kluster dan diskriminan menunjukkan bahwa persentase bahan bakar utama memasak dengan kayu merupakan variabel

signifikan dalam membedakan kabupaten/kota berdasarkan risiko tuberkulosis. Hasil analisis diskriminan menunjukkan nilai *Wilks' Lambda* sebesar 0,119 ($p < 0,0001$), yang mengindikasikan pengaruh signifikan variabel ini secara statistik, serta nilai koefisien fungsi diskriminan pada fungsi 1 sebesar 2,712, yang menegaskan perannya sebagai faktor pembeda utama dalam model. Hal ini didukung juga dengan data yang menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar kayu untuk memasak di Jawa Timur masih menunjukkan di atas rata-rata nasional yaitu 11,50% (BPS Indonesia, 2023). Penggunaan bahan bakar kayu dapat menyebabkan paparan polusi udara yang meningkatkan risiko gangguan saluran pernapasan, yang pada akhirnya dapat memicu berkembangnya penyakit tuberkulosis (Budi et al., 2024). Selain itu, pendekatan MGWR yang digunakan dalam penelitian ini memungkinkan untuk mengeksplorasi pengaruh variabel-variabel tersebut di berbagai skala spasial, sehingga dapat menghasilkan peta prediksi yang lebih terperinci mengenai distribusi faktor-faktor risiko tuberkulosis di berbagai wilayah di Jawa Timur.

1.2. Rumusan Masalah

Sejalan dengan penjelasan pada bagian latar belakang, rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model MGWR terhadap kejadian tuberkulosis di Jawa Timur ?
2. Bagaimana pemetaan faktor penentu tuberkulosis di Jawa Timur menggunakan MGWR ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan model MGWR terhadap kejadian tuberkulosis di Jawa Timur.
2. Untuk memetakan faktor penentu tuberkulosis di Jawa Timur menggunakan MGWR.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari skripsi ini terbagi menjadi empat aspek, yaitu bagi penulis, pembaca, pemerintah, dan masyarakat.

1. Dari aspek penulis sendiri, Memberikan pengetahuan tentang penyakit tuberkulosis serta memberikan pengetahuan kepada pasien, keluarga, masyarakat yang terutama menderita tuberkulosis tentang penyuluhan kesehatan agar dapat meningkatkan pemahaman dan memanfaatkan layanan kesehatan yang disediakan.
2. Kemudian dari aspek pembaca, penelitian ini dapat membantu pembaca memahami pola penyebaran. Mengetahui faktor-faktor yang berkaitan dengan tuberkulosis, serta mengetahui kebaikan model terhadap kejadian tuberkulosis.
3. Bagi pemerintah/instansi terkait, penelitian ini menyediakan data dan wawasan yang berguna untuk merumuskan kebijakan dan strategi kesehatan yang lebih efektif. Ini membantu dalam pengalokasian sumber daya, pengembangan program pencegahan, dan penetapan prioritas dalam penanggulangan tuberkulosis.

4. Bagi masyarakat, penelitian ini meningkatkan kesadaran tentang tuberkulosis dan pentingnya pencegahan serta pengobatan, mendorong masyarakat untuk aktif dalam menjaga kesehatan dan menggunakan layanan kesehatan yang disediakan, serta memperkuat partisipasi dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini perlu ditetapkan untuk memperjelas ruang lingkup yang akan dibahas, sehingga penelitian ini tetap fokus dan tidak melebar ke topik yang tidak relevan. Adapun batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel dalam penelitian ini meliputi variabel respon yaitu persentase kasus tuberkulosis, serta 7 variabel prediktor yaitu persentase penduduk miskin (X_1), persentase sanitasi layak (X_2), persentase memasak menggunakan bahan bakar kayu (X_3), persentase bayi mendapat imunisasi BCG (X_4), persentase penderita HIV (X_5), persentase tempat fasilitas umum sesuai standar (X_6), persentase tempat pengelolaan pangan sesuai standar (X_7).
2. Penelitian ini mengimplementasikan fungsi kernel adaptif dan tetap (fixed) dengan variasi Gaussian, Bisquare, dan Tricube untuk pemilihan bandwidth menggunakan pendekatan *Cross-Validation* (CV) dengan tujuan memperoleh nilai minimum. Sebagai ukuran untuk menilai kinerja model, digunakan AIC dan nilai R^2 .

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memahami tahapan, gambaran, atau alur penelitian. Secara sederhana, sistematika penulisan dapat diartikan sebagai tata urutan atau kerangka kerja suatu penelitian. Dalam proposal skripsi ini, sistematika penulisan dibagi menjadi tiga bab utama, yakni:

1. BAB I

Bab I berisi uraian pendahuluan yang menjadi dasar awal dalam penelitian ini. Pendahuluan tersebut terdiri atas beberapa sub-bab, yaitu latar belakang yang menggambarkan alasan pentingnya penelitian ini dilakukan, rumusan masalah yang berisi pertanyaan utama yang ingin dijawab, tujuan penelitian yang menjelaskan sasaran yang ingin dicapai, manfaat penelitian yang menguraikan kontribusi penelitian bagi berbagai pihak, batasan masalah yang mengidentifikasi lingkup penelitian, serta sistematika penulisan yang memberikan panduan mengenai struktur penelitian. Bab ini bertujuan untuk memberikan gambaran awal yang jelas dan terstruktur tentang penelitian yang dilakukan.

2. BAB II

Bab II membahas tinjauan pustaka yang berisi teori-teori relevan untuk mendukung penelitian ini. Bagian pertama mengulas tentang tuberkulosis sebagai penyakit menular yang menjadi fokus utama. Selanjutnya, dibahas faktor-faktor yang diduga memengaruhi penyebaran tuberkulosis, seperti kondisi lingkungan dan sosial. Bagian ketiga menjelaskan Regresi Linear Berganda, digunakan untuk menganalisis keterkaitan antara variabel respon dan prediktor. Kemudian, diuraikan tentang GWR, model yang

mempertimbangkan variasi spasial, serta MGWR, yang mengombinasikan elemen lokal dan global dalam analisis data spasial.

3. BAB III

Bab III menguraikan metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, yang mencakup jenis penelitian, sumber data yang digunakan, serta langkah-langkah atau tahapan yang ditempuh dalam pelaksanaan penelitian.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

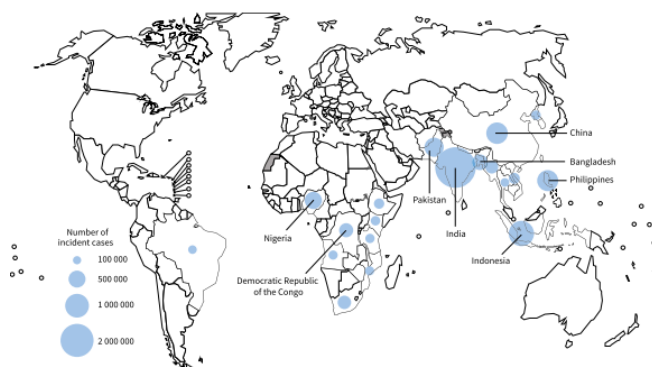
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tuberkulosis

Tuberkulosis adalah penyakit yang ditularkan melalui infeksi *mycobacterium tuberculosis*. Tuberkulosis merupakan penyakit menular tertua yang menginfeksi manusia. Bakteri tersebut pertama kali ditemukan pada mumi yang berusia 1000 tahun (Widodo et al., 2022). *Mycobacterium tuberculosis* memiliki dinding sel yang mengandung lipid sehingga tahan terhadap asam. Proses pembelahannya membutuhkan waktu hingga 24 jam, tetapi bakteri ini tidak mampu bertahan lama di bawah paparan sinar matahari langsung, terutama sinar ultraviolet. *Mycobacterium tuberculosis* dapat mengalami kematian jika berada pada suhu 1000°C dalam waktu 2 menit, serta terkena alkohol 70% atau lisosol 50% (Latif et al., 2023).

Tuberkulosis menyebar melalui percikan dahak yang terhirup masuk ke paru-paru. Penularan yang mudah menyebabkan hasil survei WHO di beberapa negara mengestimasi, bahwa sepertiga penduduk dunia terpapar tuberkulosis (Mertanisih, 2013). *mycobacterium tuberculosis* mudah menular melalui udara, meskipun begitu tidak semua individu dapat terinfeksi. Terdapat berbagai proses setelah bakteri tersebut masuk. Tubuh dengan kekebalan imun yang baik dapat menghalangi bakteri tersebut berkembang biak, sebaliknya apabila kekebalan imun rendah bakteri akan berkembang sehingga tubuh dapat terinfeksi. Gejala umum penderita tuberkulosis antara lain batuk, penurunan berat badan, keringat malam,

demam, lemah dan lesu. Tuberkulosis dapat dideteksi melalui tes dahak, foto toraks, dan pemeriksaan darah (Sembiring, 2019). Penyakit tuberkulosis tidak hanya menjadi masalah kesehatan individu, tetapi juga tantangan besar bagi kesehatan masyarakat di tingkat global (Ningsih et al., 2022).



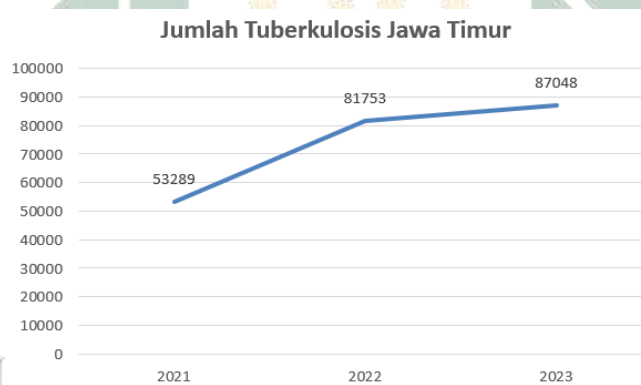
Gambar 2.1 Penyebaran Tuberkulosis di Dunia

Sumber: (World Health Organization, 2023)

Secara geografis, pada tahun 2022, sebagian besar kasus tuberkulosis tersebar di wilayah WHO seperti Asia Tenggara, Afrika, dan Pasifik Barat, dengan sebagian kecil kasus ditemukan di Mediterania Timur, Amerika, dan Eropa. Sebanyak 87% dari total kasus global diperkirakan berasal dari 30 negara dengan tingkat tuberkulosis yang tinggi. Sebanyak dua pertiga dari total kasus disumbangkan oleh delapan negara, yaitu India, Indonesia, China, Filipina, Pakistan, Nigeria, Bangladesh, dan Republik Demokratik Kongo (World Health Organization, 2023).

Indonesia sebagai penyumbang terbesar kedua dari 2/3 global kasus tuberkulosis, menunjukkan besarnya tantangan yang dihadapi dalam penanganan kasus tuberkulosis (World Health Organization, 2023). Kasus konfirmasi positif tuberkulosis hingga saat ini sebanyak 1.060.000 jiwa, dengan 134.000 jiwa meninggal akibat tuberkulosis (Kementerian Kesehatan, 2024). Sejak pandemi

COVID-19, penemuan kasus tuberkulosis di Indonesia mengalami peningkatan signifikan. Pada tahun 2022, lebih dari 724.000 kasus baru terdeteksi, dan jumlah ini bertambah menjadi sekitar 821.200 kasus pada tahun 2023. Pasien tuberkulosis di Indonesia memiliki risiko tinggi terinfeksi HIV, yang memperburuk kondisi kesehatan. Sekitar 50% orang dengan HIV/AIDS (ODHA) berisiko mengembangkan tuberkulosis aktif selama hidup mereka, jauh lebih tinggi dibandingkan 5-10% risiko pada orang tanpa HIV. Angka kematian akibat kombinasi TB-HIV mencapai 6.500 jiwa, atau 2,4 per 100.000 penduduk, dengan prevalensi HIV di kalangan pasien TBC sekitar 2,4% (Kementerian Kesehatan, 2023).



Gambar 2.2 Jumlah Kasus Tuberculosis di Jawa Timur Tahun 2021-2023

Sumber: (Rahmawati et al., 2023)

Jawa timur menempati posisi kedua sebagai provinsi dengan estimasi kasus tuberkulosis terbanyak. Kasus penemuan tuberkulosis di Jawa Timur sebanyak 87.048 pada tahun 2023. Pada gambar 2.2 kasus tuberkulosis mengalami perlonjakan dari tahun ke tahun. Jawa Timur juga menempati posisi tertinggi kedua kasus HIV dengan total penemuan kasus pada tahun 2023 10.671 jiwa (Dinkes Jatim, 2023). Kepadatan dan jumlah populasi yang tinggi di Jawa Timur membuat risiko penularan semakin meningkat. Setelah memahami situasi

tuberkulosis di Jawa Timur, perlu ditelusuri lebih jauh faktor-faktor yang memengaruhi penyebaran penyakit tuberkulosis.

2.2. Faktor yang diduga Memengaruhi Tuberkulosis

Penelitian ini menggunakan variabel yang diduga memengaruhi tuberkulosis diantaranya, penduduk miskin, sanitasi layak, memasak menggunakan kayu bakar, imunisasi bcg, hiv, tempat fasilitas umum, dan air minum layak.

2.2.1. Kemiskinan

Kemiskinan adalah kondisi di mana masyarakat dengan pendapatan rendah mengalami kekurangan gizi dan sulit mengakses layanan kesehatan, sehingga rentan terhadap penularan penyakit seperti tuberkulosis. Banyak dari mereka enggan segera berobat ketika muncul gejala, yang memperburuk penyebaran penyakit. Ketidakmampuan untuk mengakses layanan kesehatan yang baik akibat keterbatasan ekonomi menjadi faktor utama dalam penyebaran tuberkulosis di kalangan masyarakat miskin (Sihaloho et al., 2021). Angka kemiskinan berpengaruh terhadap tuberkulosis, apabila jumlah penduduk miskin bertambah maka jumlah kasus tuberkulosis akan bertambah (Noventy & Suparta, 2023).

2.2.2. Sanitasi Layak

Sanitasi layak berarti rumah tangga memiliki fasilitas buang air besar yang memadai dan sistem pembuangan akhir seperti septi tank atau pengolahan air limbah (Purwoko, 2018). Pengelolaan air limbah dengan baik penting untuk mencegah pencemaran dan penularan penyakit. Dengan sanitasi yang baik, kualitas hidup meningkat dan risiko penyakit menular berkurang. Sanitasi lingkungan yang buruk berpengaruh dengan kejadian tuberkulosis. Semakin baik

sanitasi lingkungan semakin rendah tingkat kejadian tuberkulosis (Suryani & Ibad, 2022).

2.2.3. Memasak Menggunakan Kayu Bakar

Penggunaan bahan bakar kayu saat memasak berisiko dua kali besar terhadap kejadian tuberkulosis dibandingkan dengan memasak menggunakan LPG. Asap yang dihasilkan dari penggunaan kayu bakar mengandung polutan seperti CO_2 , SO_2 , dan NO_2 . Zat polutan tersebut dapat menyebabkan iritasi dan berkurangnya kadar oksigen dalam paru-paru, sehingga paru-paru rentan terhadap masuknya bakteri seperti *mycobacteriumtuberculosis* (Budi et al., 2024).

2.2.4. Imunisasi *Bacillus Calmette Guerin* (BCG)

Imunisasi adalah proses yang digunakan untuk merangsang sistem kekebalan tubuh agar secara aktif membentuk perlindungan terhadap suatu penyakit. Vaksin BCG merupakan salah satu jenis imunisasi yang berfungsi untuk memberikan perlindungan bagi tubuh dari penyakit tuberkulosis. Biasanya, BCG diberikan pada bayi yang baru lahir. Jika pemberian imunisasi BCG terlambat, maka bayi perlu menjalani uji tuberkulin (Situmorang & Susilawati, 2022).

2.2.5. HIV/AIDS

HIV adalah virus yang memengaruhi sistem pertahanan tubuh manusia, sehingga melemahkan daya tubuh untuk menghadapi berbagai penyakit. Virus ini menginfeksi sel darah putih, yang menurunkan fungsi sistem imun, membuat tubuh lebih rentan terhadap serangan infeksi, termasuk tuberkulosis (TB) (Mobalen & Raka, 2022). Penderita HIV memiliki risiko lebih tinggi terkena TB karena HIV menurunkan limfosit CD-4, yang penting untuk melawan infeksi.

Penurunan ini dapat mengaktifkan TB laten menjadi infeksi aktif dan mempercepat perkembangan TB pada pasien HIV (Muna & Cahyati, 2019).

2.2.6. Tempat Fasilitas Umum

Tempat fasilitas umum adalah area yang memiliki fasilitas dan berisiko terjadi penularan penyakit, karena banyak orang berkumpul untuk berbagai kegiatan, baik sementara maupun rutin. Oleh sebab itu, menjaga kesehatan lingkungan di tempat umum bertujuan untuk mencegah dan mengawasi risiko penyebaran penyakit di area tersebut. Tempat fasilitas umum yang diawasi rutin yakni pasar, sekolah, dan puskesmas. Tempat fasilitas umum yang memenuhi standar meliputi:

- a) air minum,
- b) udara,
- c) tanah,
- d) sarana dan bangunan,
- e) pengendalian vektor dan hewan pembawa penyakit (Dinkes Jatim, 2023).

2.2.7. Tempat Pengolahan Pangan

Tempat pengelolaan pangan memiliki hubungan yang erat dengan mutu makanan yang dihasilkan. Kualitas produk pangan yang dikonsumsi manusia sangat dipengaruhi oleh adanya mikroorganisme. Pertumbuhan mikroorganisme pada makanan berperan besar dalam terbentuknya senyawa yang menghasilkan bau busuk dan menjadikan makanan tidak layak konsumsi. Beberapa jenis mikroorganisme yang mencemari makanan bahkan dapat menyebabkan risiko bagi kesehatan manusia. Oleh sebab itu, sanitasi pangan perlu mendapatkan perhatian khusus. Proses pengolahan, pengemasan, dan penyimpanan makanan yang tidak

baik dapat menjadi sarana bagi mikroba seperti bakteri, virus, dan mikroorganisme lain untuk berkembang biak, yang pada akhirnya membahayakan kesehatan jika dikonsumsi (Aisyaroh & Yudhastuti, 2023). Tempat pengelolaan pangan yang higiene dan sesuai standar dapat menjamin keamanan dan kebersihan pangan, mencegah penularan penyakit, serta memastikan kualitas makanan yang akan dikonsumsi (baringbing et al., 2023).

2.3. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif adalah pengaplikasian metode statistik seperti pengumpulan, pengolahan, penyajian suatu data untuk memberikan informasi mengenai data (Rosalina et al., 2023). Adapun statistika deskriptif dalam penelitian ini yaitu nilai minimum adalah nilai terendah pada data, nilai maksimum adalah nilai terbesar pada data, mean adalah rata-rata dari keseluruhan data, standar deviasi adalah ukuran sebaran dalam data (Dong, 2023).

Rumus menghitung mean :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.1)$$

Rumus menghitung standar deviasi:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.2)$$

Dengan :

s = standar deviasi sampel

n = jumlah data sampel

x_i = nilai data ke- i

\bar{x} = mean sampel

2.4. Nonlinearitas

Uji RESET (*Regression Specification Error Test*) digunakan untuk menguji apakah model regresi linear telah dispesifikasikan dengan benar, dengan tujuan mendeteksi kesalahan dalam bentuk fungsional model, seperti kelalaian variabel atau ketidakterdeteksinya bentuk non-linearitas (Sabillah & Prasetyo, 2022). Uji non-linearitas dilakukan untuk menentukan apakah terdapat hubungan non-linear antara variabel prediktor dan variabel respon, pengujian menggunakan Uji Ramsey RESET dengan hipotesis (Sulistianingsih et al., 2023):

$H_0: \beta_p = 0, p = 1, 2, \dots, k$ (Model linier)

$H_1: \beta_p \neq 0, p = 1, 2, \dots, k$ (Model bersifat non-linear)

H_0 : Model linier

H_1 : Model non-linear.

Statistik uji reset sebagai berikut (Ramsey, 1969):

$$F_{\text{reset test}} = \frac{(SSR_r - SSR_u)/q}{SSR_u/(n - k - q)} \quad (2.3)$$

di mana:

SSR_r = Residual sum of squares (jumlah kuadrat residu) dari model terbatas (tanpa variabel tambahan).

SSR_u = Residual sum of squares dari model tak terbatas (dengan variabel tambahan).

q = jumlah variabel tambahan yang dimasukkan ke dalam model, misalnya pangkat dari nilai prediksi .

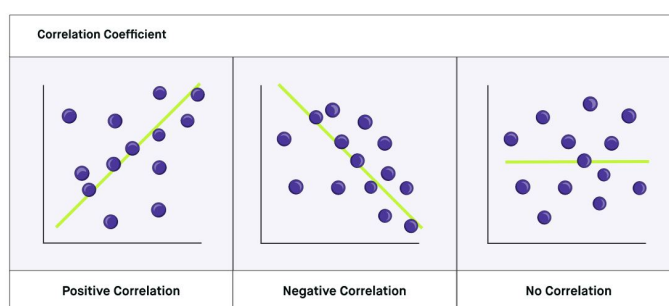
n = Jumlah observasi.

$df_1 = q, df_2 = n - k - q$, tolak H_0 jika $p\text{-value} < \alpha$, apabila gagal tolak H_0

maka data diasumsikan linier. Selain menggunakan uji linieritas, untuk mengetahui pola hubungan dapat menggunakan scatter plot.

2.5. Scatter Plot

Scatter plot merupakan salah satu teknik visualisasi data yang menganalisis hubungan atau korelasi linier antara dua variabel (Pranata & Lorita, 2023).



Gambar 2.3 Jenis hubungan korelasi antara variabel x dan y

Sumber: (Suherman, 2023)

Korelasi dianggap positif ketika garisnya mengarah dari sudut kiri bawah ke kanan atas. Korelasi positif yaitu ketika variabel prediktor mengalami kenaikan variabel respon akan mengalami kenaikan. Sebaliknya, korelasi dianggap negatif apabila garisnya bergerak dari sudut kiri atas ke kanan bawah (Leni et al., 2023). Korelasi positif yaitu ketika variabel prediktor mengalami penurunan variabel respon akan mengalami penurunan (Marini et al., 2021).

2.6. Multikolinearitas

Multikolinearitas adalah keterkaitan yang sangat erat antara variabel bebas pada model regresi. Multikolinearitas dapat menyebabkan masalah pada regresi karena membuat hasil perhitungan menjadi tidak tepat dan koefisien regresi menjadi

terlalu besar. Data dikatakan terjadi multikolinearitas apabila nilai VIF lebih dari 10 (Pendi, 2021).

$$VIF = \frac{1}{1 - R_p^2}, \quad p = 1, 2, \dots, k \quad (2.4)$$

R_p^2 adalah koefisien determinasi antar variabel prediktor. dimana R_p^2 adalah :

$$R_p^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.5)$$

2.7. Regresi Linier Berganda

Model regresi yang terdiri dari lebih dari satu variabel prediktor x_1, x_2, \dots, x_p serta satu variabel respon y . Regresi linier berganda difungsikan untuk menganalisis keterkaitan variabel prediktor terhadap variabel respon (Prasetyo et al., 2021). Dimana $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ adalah parameter dari model. Model dalam regresi linier berganda tidak melibatkan pengaruh dari wilayah atau kondisi geografis. Bentuk umum persamaan regresi linear berganda sebagai berikut (Hapsery & Trishananti, 2021):

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad p = 1, 2, 3, \dots, k. \quad (2.6)$$

Notasi matriks regresi linier berganda sebagai berikut :

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\beta + \varepsilon$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}_{n \times 1} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}_{n \times (k+1)} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}_{(k+1) \times 1} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad (2.7)$$

Keterangan :

i : indeks pengamatan.

p : jumlah variabel prediktor

k : total parameter

y_i : nilai variabel respon pada lokasi ke- i

x_{ip} : nilai variabel prediktor pada lokasi ke- i

ε : error (selisih antara nilai aktual dan prediksi).

β : matriks parameter ukuran $(k \times 1)$

X : matriks variabel prrediktor ukuran $(n \times (k + 1))$

y : vektor variabel respon ukuran $(n \times 1)$

Nilai koefisien β didapatkan dengan menggunakan metode kuadrat kecil atau *Ordinary Last Square* (OLS) untuk meminimalkan kesalahan antara nilai prediksi dan sebenarnya dengan meminimalkan $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2$. Perhitungan sebagai berikut:

$$\sum \varepsilon_i^2 = \sum (y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i1} - \beta_2 X_{i2} - \dots - \beta_p X_{ip})^2$$

$$\varepsilon = \mathbf{y} - \mathbf{X}\beta$$

$$\varepsilon^T \varepsilon = (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta)^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta) \tag{2.8}$$

$$\frac{\partial(\beta)}{\partial\beta} = -2\mathbf{X}^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta)$$

$$\mathbf{X}^T \mathbf{X}\beta = \mathbf{X}^T \mathbf{y}$$

$$\beta = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}$$

Dari penurunan rumus dihasilkan estimasi parameter dari model 2.7 yaitu :

$$\hat{\beta} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y} \tag{2.9}$$

2.7.1. Uji Serentak (Uji F)

Pengujian parameter secara bersamaan untuk menguji pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon (Y) (Khariyani et al., 2022). Hipotesis yang digunakan untuk pengujian yaitu :

$$H_0: \beta_p = 0, p = 1, 2, \dots, k$$

$$H_1: \beta_p \neq 0, p = 1, 2, \dots, k$$

Pengujian parameter menggunakan tabel ANOVA sebagai berikut :

Tabel 2.1 Tabel ANOVA

| Varians | df | Jumlah Kuadrat | Rataan Kuadrat | F_{hitung} |
|----------|---------------|--|---------------------------------|-------------------|
| Regresi | k | $SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$ | $MSR = \frac{SSR}{k}$ | $\frac{MSR}{MSE}$ |
| Residual | $n - (k - 1)$ | $SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$ | $MSE = \frac{SSE}{n - (k - 1)}$ | |
| Total | $k - 1$ | $SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ | | |

Sumber: (Arianti, 2023)

Perhitungan statistik uji yaitu :

$$F_{hitung} = \frac{\frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{k}}{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k - 1}} = \frac{MSR}{MSE} \quad (2.10)$$

Di mana:

SSR (*Sum of Squares for Regression*): Variasi data yang dapat diinterpretasikan oleh model regresi.

SSE (*Sum of Squares for Error*): Variasi data yang tidak dapat diinterpretasikan oleh model regresi (kesalahan atau residual).

SST (*Total Sum of Squares*): Total variasi dalam data, merupakan jumlah SSR dan SSE.

MSR (*Mean Square Regression*): MSR adalah nilai yang mengukur variasi data yang dijelaskan oleh model regresi.

MSE (*Mean Square Error*): MSE adalah ukuran rata-rata kuadrat kesalahan antara

data yang sebenarnya dan prediksi yang dihasilkan oleh model.

Terima H_1 apabila $|F_{hitung}| > F_{\alpha, k, n-k-1}$ dan $p_{value} < \alpha$

2.7.2. Uji Parsial (Uji T)

Uji parameter dilakukan secara individu untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing variabel prediktor terhadap variabel respon (y) (Mardiatmoko, 2020). Hipotesis yang digunakan untuk pengujian yaitu :

$$H_0: \beta_p = 0, p = 1, 2, \dots, k$$

$$H_1: \text{Setidaknya ada satu } \beta_p \neq 0, p = 1, 2, \dots, k$$

Perhitungan statistik uji sebagai berikut (Adrian et al., 2023):

$$T_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_p}{se(\hat{\beta}_p)} \quad (2.11)$$

dengan $se(\hat{\beta}_p) = \sqrt{var\hat{\beta}_p}$ dan $var\hat{\beta}_p = C_{pp}\hat{\sigma}^2$. Terima H_1 jika $|T_{hitung}| > T_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1}$

(Hapsery & Trishananti, 2021).

Di mana:

$\hat{\beta}_p$ adalah estimator dari koefisien regresi ke- p

$se(\hat{\beta}_p)$ adalah standar error dari estimator koefisien regresi ke- p

C_{pp} = elemen diagonal dari matriks $(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1}$

$\hat{\sigma}^2$ = estimasi varians eror didapatkan dari tabel 2.1 yaitu $\frac{SSE}{n-k-1}$.

2.7.3. Uji Asumsi Residual

Uji asumsi residual sangat penting dalam penelitian, karena hasilnya dapat memastikan bahwa estimasi parameter yang diperoleh tidak bias, sehingga model

yang dikembangkan memiliki validitas yang dapat dipertanggungjawabkan. Terdapat tiga asumsi yang harus diuji: 1) uji autokorelasi untuk mengevaluasi adanya keterkaitan di antara residual, 2) uji normalitas untuk memeriksa apakah residual berdistribusi normal, dan 3) uji residual identik untuk mengevaluasi apakah variasi residual konsisten atau bervariasi seiring dengan perubahan nilai prediktor (Hermanto et al., 2021).

Uji Residual Independen

Uji residual independen dilakukan untuk mengidentifikasi ketidaksesuaian residual antara satu observasi dengan yang lain pada suatu regresi, bisa disebut juga uji autokorelasi. Uji autokorelasi dapat dilakukan dengan menggunakan nilai *durbin-watson*, yang kemudian dibandingkan dengan nilai yang ada pada tabel *durbin-watson* (Romadhoni et al., 2022).

Hipotesis yang digunakan yaitu :

H_0 :Autokorelasi tidak terdeteksi dalam data

H_1 :Autokorelasi terdeteksi dalam data

Statistik Pengujian (Kartika & Kholijah, 2020):

$$dw = \frac{\sum_{i=2}^p (\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^p \varepsilon_i^2} \quad (2.12)$$

Interpretasi hasil pengujian sebagai berikut (Romadhoni et al., 2022):

Jika $dw < d_{L(n,k)}$, maka menolak hipotesis nol (H_0) yang menyatakan bahwa terdeteksi autokorelasi positif dalam data.

Jika $d_{L(n,k)} < dw < d_{U(n,k)}$, tidak dapat disimpulkan yang pasti mengenai ada tidaknya autokorelasi dalam data.

Jika $dw > d_{U(n,k)}$, maka tidak terdeteksi bukti adanya autokorelasi positif atau

negatif yang signifikan.

$d_{L(n,k)}$: batas bawah untuk uji Durbin-Watson pada tabel Lampiran 1.6.

$d_{U(n,k)}$: batas atas untuk uji Durbin-Watson pada tabel Lampiran 1.6.

ε_i : residual dari model regresi pada pengamatan ke- i . $\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i$

y_i : nilai yang diamati pada pengamatan ke- i .

\hat{y}_i : nilai yang diprediksi oleh model regresi untuk pengamatan ke- i .

Uji Normalitas Residual

Uji normalitas digunakan untuk memastikan bahwa data terdistribusi secara normal (Vianti et al., 2024). Data yang memiliki distribusi normal menunjukkan model regresi yang baik. Pengujian ini menggunakan *Shapiro-Wilk*. *Shapiro-Wilk* cocok untuk data yang berjumlah kecil atau < 50 (Harahap, 2022). Hipotesis yang digunakan untuk pengujian yaitu :

H_0 : Data residual mengikuti pola distribusi normal.

H_1 : Data residual tidak mengikuti pola distribusi normal.

Perhitungan statistik uji sebagai berikut:

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n/2} A_i(\varepsilon_{(n-i+1)} - \varepsilon_i)\right)^2}{\sum_{j=1}^n (\varepsilon_j - \bar{\varepsilon})^2} \quad (2.13)$$

dimana:

ε_j adalah residual untuk observasi ke- j ,

$\varepsilon_{(i)}$ adalah residual yang terurut (dari yang terkecil hingga yang terbesar),

A_i adalah koefisien yang diambil dari tabel statistik Shapiro-Wilk (tergantung pada ukuran sampel n), koefisien ini hanya diberikan untuk **setengah dari jumlah data** karena digunakan dalam **pasangan residual simetris** $(\varepsilon_{(i)}, \varepsilon_{(n-i+1)})$.

$\bar{\varepsilon}$ adalah rata-rata residual.

Terima H_0 jika $p_{value} > \alpha$ atau $W > W_{\alpha,n}$

Uji Residual Identik

Asumsi identik mengharuskan varians residual untuk seragam atau identik. Jika varians residual tidak sama, hal ini dapat menyebabkan heteroskedastisitas (Farida et al., 2024a). Untuk mendeteksi adanya heteroskedastisitas, salah satu metode yang dapat digunakan adalah uji Glejser (Rosanti & Budiantara, 2020).

Hipotesis yang digunakan yaitu :

$H_0 : \sigma_p^2 = 0$ (variens error seragam)

$H_1 : \text{Minimal ada satu } \sigma_p^2 \neq 0$ (variens error tidak seragam)

Statistik pengujian yaitu (Kondo Lembang et al., 2023):

$$F_{\text{hitung}} = \frac{MSR}{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{\varepsilon}_i - \bar{\varepsilon})^2}{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \hat{\varepsilon})^2} \quad (2.14)$$

Keterangan :

ε_i adalah nilai residual untuk pengamatan ke-i.

$\hat{\varepsilon}_i$ adalah nilai prediksi residual untuk pengamatan ke-i.

$\bar{\varepsilon}$ adalah rata-rata residual.

Terima H_1 jika $|F_{\text{hitung}}| > F_{\alpha,n-k-1}$

2.8. Uji Heterogenitas Spasial

Heterogenitas spasial adalah hubungan pemodelan yang tidak sama pada tiap lokasi observasi. Hal ini disebabkan karena setiap lokasi memiliki ciri khas yang berbeda, baik dalam hal geografis, potensi wilayah, maupun keadaan sosial dan budaya (Safitri & Amaliana, 2021). Heterogenitas spasial menyebabkan variasi parameter regresi secara parsial. Metode yang digunakan untuk pengujian yaitu

Breusch Pagan. Hipotesis dalam pengujian ini yaitu:

$H_0 : \sigma_p^2 = 0$ tidak ditemukan keragaman spasial

$H_1 : \sigma_p^2 \neq 0$ ditemukan keragaman spasial

Perhitungan *Breusch Pagan* sebagai berikut:

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) \mathbf{f}^T \mathbf{Z} (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \sim \chi_{\alpha, n}^2 \quad (2.15)$$

Di mana nilai elemen vektor \mathbf{f}^T diperoleh dari $\mathbf{f} = \frac{\varepsilon_i^2}{\sigma^2} - 1$, $\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2$. Nilai ε_i^2 adalah residual kuadrat terkecil untuk data ke- i . Nilai ε_i^2 didapat dari $\varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)$. \mathbf{Z} adalah matriks dengan ukuran $n \times (k + 1)$ yang berisi vektor yang telah dinormalisasi. Jika $BP > \chi_{\alpha, n}^2$, maka tolak H_0 (Khariyani et al., 2022).

2.9. Geographically Weighted Regression (GWR)

GWR adalah perluasan dari model regresi linear. GWR menghasilkan parameter bersifat lokal pada setiap titik lokasi observasi (Fadliana & Darajat, 2021). Hal ini dikarenakan tiap titik lokasi diberikan bobot berdasarkan jarak antara titik lokasi dengan titik lokasi lainnya (Harahap, 2022). Adapun model GWR sebagai berikut:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{p=1}^k \beta_p(u_i, v_i) x_{ip} + \varepsilon_i, i = 1, 2, 3, \dots, n. p = 1, 2, 3, \dots, k. \quad (2.16)$$

dengan :

(u_i, v_i) : posisi geografis (bujur, lintang) lokasi ke- i

$\beta_p(u_i, v_i)$: parameter regresi variabel prediktor ke- p pada lokasi ke- i

y_i : nilai variabel respon pada lokasi ke- i

x_{ip} : nilai variabel prediktor pada lokasi ke- i

ε_i = error (selisih antara nilai aktual dan prediksi) lokasi ke- i

2.9.1. Jarak Euclidean

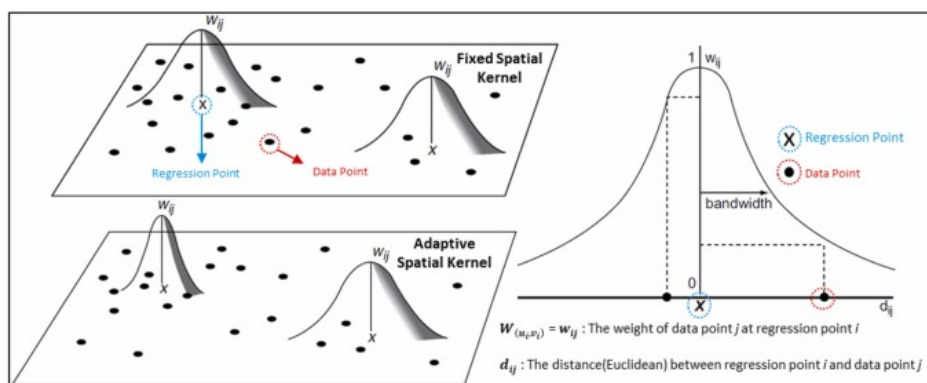
Jarak Euclidean digunakan untuk mengukur sejauh mana dua titik saling berdekatan (Khaulasari & Farida, 2024). Dalam GWR, jarak Euclidean dipakai untuk menghitung kedekatan antar titik lokasi. Rumus yang digunakan dalam menentukan jarak euclidean (Saputra et al., 2020):

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (2.17)$$

d_{ij} adalah ukuran jarak secara Euclidean antara lokasi i dan j , dimana u_i merupakan koordinator bujur pada lokasi ke- i , v_i merupakan koordinator lintang pada lokasi ke- i .

2.9.2. Bandwidth

Bandwidth adalah parameter dalam analisis spasial yang menentukan sejauh mana pengaruh suatu titik data terhadap titik lainnya (Handayani et al., 2020). Bandwidth berfungsi untuk menyeimbangkan antara kelancaran kurva dan kecocokannya dengan data. Jika nilai bandwidth terlalu kecil, kurva estimasi akan menjadi kasar dan terlalu mendekati data. Sebaliknya, jika bandwidth terlalu besar, kurva akan sangat halus dan hanya mencerminkan rata-rata variabel dependen. Pemilihan bandwidth yang optimum penting untuk menghasilkan model yang baik, yang bisa menangkap pola data tanpa berlebihan atau kehilangan informasi penting (Ali et al., 2022).



Gambar 2.4 Bandwidth pada fungsi kernel tetap (*fixed*) dan adaptif (*adaptive*)

Sumber: (Sisman & Aydinoglu, 2022)

Terdapat dua tipe bandwidth yaitu tetap atau *fixed* dan bandwidth adaptif atau *adaptive*. Gambar tersebut menjelaskan konsep *bandwidth* pada fungsi kernel dengan pendekatan tetap (*fixed*) dan adaptif (*adaptive*). Pada fungsi *fixed*, *bandwidth* memiliki ukuran yang sama di seluruh titik regresi, tanpa mempertimbangkan kepadatan data di sekitarnya. Sebaliknya, pada fungsi *adaptive*, *bandwidth* menyesuaikan ukuran sesuai dengan kepadatan data, di mana *bandwidth* lebih kecil pada area dengan data yang padat dan lebih besar pada area yang jarang data. Grafik di sisi kanan menunjukkan bahwa bobot (w_{ij}) menurun seiring dengan bertambahnya jarak (d_{ij}) antara titik regresi dan data (Sisman & Aydinoglu, 2022). Pemilihan bandwidth yang optimum didapatkan dari nilai *Cross Validation* (CV) yang minimum (Cholid et al., 2019). CV adalah salah satu metode pemilihan bandwidth yang sering digunakan. Nilai CV terendah, menunjukkan model terbaik dengan kemampuan prediksi yang optimal. Rumus untuk menghitung CV yaitu (Purnamasari & Widyaningsih, 2023):

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i(h))^2 \quad (2.18)$$

Dengan:

$\hat{y}_i(h)$: nilai estimasi y_i dimana lokasi ke (u_i, v_i) tidak dimasukkan dari proses penaksiran.

h : bandwidth pada lokasi ke- i , dengan rentang perkiraan empiris bandwidth minimum = $0,5 \times d_{ij}(max)$, bandwidth maximum = $1,5 \times d_{ij}(max)$ (Fotheringham et al., 2004).

2.9.3. Fungsi Pembobot

Pembobot ialah matriks yang dimana elemen dalam matriks terdiri dari jarak antar lokasi dan bandwidth. Fungsi matriks pembobot adalah mengatur variasi parameter di masing-masing titik observasi. Besar pembobot tiap lokasi berbeda berdasarkan fungsi kernel. Pembobot fungsi kernel didapatkan dari nilai bandwidth yang optimum (Taek et al., 2023). Di bawah ini merupakan jenis-jenis kernel (Safitri & Amaliana, 2021):

a. *Fixed Gaussian*

$$w_p(u_i, v_i) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{h} \right)^2 \right\} \quad (2.19)$$

b. *Adaptive Gaussian*

$$w_p(u_i, v_i) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{h_j} \right)^2 \right\} \quad (2.20)$$

c. *Fixed Bisquare*

$$w_p(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h} \right)^2 \right)^2 & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0 & \text{untuk } d_{ij} > h \end{cases} \quad (2.21)$$

d. *Adaptive Bisquare*

$$w_p(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_j}\right)^2\right)^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq h_j \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > h_j \end{cases} \quad (2.22)$$

e. *Fixed Tricube*

$$w_p(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^3\right)^3, & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > h \end{cases} \quad (2.23)$$

f. *Adaptive Tricube*

$$w_p(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_j}\right)^3\right)^3, & \text{untuk } d_{ij} \leq h_j \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > h_j \end{cases} \quad (2.24)$$

2.9.4. Estimasi Parameter Model *Geographically Weighted Regression*

Estimasi parameter pada model GWR diperoleh menggunakan *Weighted Least Squares* (WLS), dengan menggunakan bobot yang beragam berdasarkan jarak dari titik pusat lokasi pada tiap titik lokasi observasi (Taek et al., 2023). Tahap awal dalam menggunakan WLS dengan membuat matriks diagonal yang menggambarkan bobot yang berbeda untuk setiap lokasi ke- i , seperti yang

dijelaskan di bawah ini (Harahap, 2022):

$$\mathbf{W}(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} w_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & w_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & w_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

Misalkan pembobot untuk lokasi pengamatan (u_i, v_i) yaitu $W_{ij}(u_i, v_i)$ dengan demikian, estimasi parameter yang melibatkan elemen bobot ditentukan dengan cara meminimalkan jumlah kuadrat residual (SSE), yang menghasilkan rumus sebagai berikut (Caraka & Yasin, 2017):

$$\sum_{p=1}^k W_{ij}(u_i, v_i) \varepsilon_p^2 = \sum_{p=1}^k W_p(u_i, v_i) [y_p - \beta_0(u_i, v_i) - \sum_{p=1}^k \beta_p(u_i, v_i) X_{ip}]^2 \quad (2.26)$$

Nilai koefisien β didapatkan dengan menggunakan metode kuadrat kecil atau *Weighted Last Square*(WLS) untuk meminimalkan kesalahan antara nilai prediksi dan sebenarnya atau dalam bentuk matriks SSE:

$$\begin{aligned} \varepsilon^T \mathbf{W}_m \varepsilon &= (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta_m)^T \mathbf{W}_m (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta_m) \\ &= (\mathbf{y}^T - \beta_m^T \mathbf{X}^T) \mathbf{W}_m (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta_m) \\ &= \mathbf{y}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} - \mathbf{y}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X}\beta_m - \beta_m^T \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} + \beta_m^T \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X}\beta_m \\ &= \mathbf{y}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} - (\mathbf{W}_m \mathbf{X}\beta_m)^T \mathbf{y} - \beta_m^T \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} + \beta_m^T \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X}\beta_m \\ &= \mathbf{y}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} - 2\beta_m^T \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} + \beta_m^T \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X}\beta_m \end{aligned} \quad (2.27)$$

dengan :

$m = (u_i, v_i)$ untuk memperoleh estimasi parameter $\beta_{(u_i, v_i)}$ yang optimal dapat dicapai dengan menurunkan persamaan terhadap $\beta_{(u_i, v_i)}^T$ sehingga penyelesaian

yang diperoleh dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \boldsymbol{\varepsilon}^T \mathbf{W}_m \boldsymbol{\varepsilon}}{\partial \boldsymbol{\beta}_m^T} &= \frac{\partial (\mathbf{y}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} - 2 \boldsymbol{\beta}_m^T \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} + \boldsymbol{\beta}_m^T \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}_m)}{\partial \boldsymbol{\beta}_m^T} \\
 &= 0 - 2 \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} + \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}_m + \boldsymbol{\beta}_m (\mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X})^T \\
 &= -2 \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} + \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}_m + \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}_m \\
 &= -2 \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} + 2 \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}_m
 \end{aligned} \tag{2.28}$$

$$2 \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} = 2 \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}_m$$

$$\mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y} = \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}_m$$

$$\boldsymbol{\beta}_m = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}_m \mathbf{y}$$

Dengan demikian, penaksiran parameter untuk model GWR pada setiap titik observasi dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}(u_i, v_i) = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} \tag{2.29}$$

Apabila n lokasi diperhitungkan, estimasi ini mencakup estimasi untuk setiap baris serta matriks parameter lokal di semua lokasi yang bersangkutan, yang dapat dinyatakan seperti ini:

$$\boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0(u_1, v_1) & \beta_1(u_1, v_1) & \beta_2(u_1, v_1) & \cdots & \beta_p(u_1, v_1) \\ \beta_0(u_2, v_2) & \beta_1(u_2, v_2) & \beta_2(u_2, v_2) & \cdots & \beta_p(u_2, v_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_0(u_n, v_n) & \beta_1(u_n, v_n) & \beta_2(u_n, v_n) & \cdots & \beta_p(u_n, v_n) \end{bmatrix} \tag{2.30}$$

2.9.5. Uji Kesesuaian Model GWR

Uji kesesuaian antara model dan data bertujuan untuk menilai sejauh mana faktor geografis mempengaruhi hasil model. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah model GWR memberikan penjelasan lebih efektif terhadap data jika dibandingkan dengan model regresi linier (Esther et al., 2023). Berikut adalah hipotesis untuk pengujian tersebut:

$$H_0 : \beta_p(u_i, v_i) = \beta_p \text{ untuk setiap } p = 0, 1, 2, \dots, k \text{ dan } i = 1, 2, \dots$$

(model regresi global dan GWR menunjukkan hasil yang serupa dalam menjelaskan kecocokan model dengan data)

$$H_1 : \beta_p(u_i, v_i) \neq \beta_p \text{ untuk } p = 0, 1, 2, \dots, k$$

(model regresi global dan GWR menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan dalam menjelaskan kecocokan model dengan data)

Statistik uji kesesuaian model (Khariyani et al., 2022):

$$F_{hitung} = \frac{SSE(H_0)/df_1}{SSE(H_1)/df_2} = \frac{\frac{\mathbf{y}^T(\mathbf{I}-\mathbf{H})\mathbf{y}}{n-k-1}}{\frac{\mathbf{y}^T(\mathbf{I}-\mathbf{L})^T(\mathbf{I}-\mathbf{L})\mathbf{y}}{n-2\text{tr}(\mathbf{L})+\text{tr}(\mathbf{L}^T\mathbf{L})}} \quad (2.31)$$

dengan $SSE(H_0)$ merupakan jumlah kuadrat kesalahan dari model regresi global, di mana $\mathbf{H} = \mathbf{X}(\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}^T$. $SSE(H_1)$ merupakan jumlah kuadrat kesalahan dari model GWR

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1[\mathbf{X}^T\mathbf{W}(u_1, v_1)\mathbf{X}]^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{W}(u_1, v_1) \\ \mathbf{x}_2[\mathbf{X}^T\mathbf{W}(u_2, v_2)\mathbf{X}]^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{W}(u_2, v_2) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n[\mathbf{X}^T\mathbf{W}(u_n, v_n)\mathbf{X}]^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{W}(u_n, v_n) \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (2.32)$$

Terima H_1 jika $F_{hitung} > F_{\alpha, df_1, df_2}$ atau $pvalue < \alpha$

2.9.6. Uji Signifikansi GWR

Uji signifikansi parameter GWR bertujuan untuk mengidentifikasi parameter-parameter yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon, dengan mempertimbangkan setiap variabel secara terpisah (parsial) pada setiap lokasi observasi (Esther et al., 2023). Hipotesis dalam pengujian yaitu :

$$H_0 : \beta_p(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \beta_p(u_i, v_i) \neq 0 \text{ dengan } p = 0, 1, 2, \dots, k$$

Perhitungan statistik uji sebagai berikut

$$T_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_p(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{t_{pp}}} \quad (2.33)$$

dengan :

t_{pp} = elemen diagonal matriks $\mathbf{T}\mathbf{T}^T$

$$\mathbf{T} = [\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\text{SSE}}{n - 2 \text{tr}(\mathbf{L}) + \text{tr}(\mathbf{L}' \mathbf{L})} \quad (\text{Harahap, 2022}). \text{ Terima } H_1 \text{ jika } |T_{hitung}| > T_{(\frac{\alpha}{2}, df)} \quad (\text{Safitri \& Amaliana, 2021})$$

2.10. Uji Variabilitas Spasial

Uji variabilitas bertujuan mengidentifikasi variabel yang memiliki karakteristik lokal dan global (Suritman et al., 2023). Dari pengujian ini, kita dapat menentukan koefisien mana yang berpengaruh berdasarkan lokasi dan mana yang tidak. Uji variabilitas spasial secara parsial menilai apakah terdapat variasi pengaruh yang signifikan dari variabel respon (Harahap, 2022). Hipotesis pengujian yaitu:

$$H_0 : \beta_p(u_1, v_1) = \beta_p(u_2, v_2) = \dots = \beta_p(u_n, v_n); p = 0, 1, 2, \dots, k.$$

(Variabel prediktor X_p memiliki pengaruh yang konsisten di seluruh lokasi yang dianalisis).

$$H_1 : \exists \beta_p(u_i, v_i) \neq \beta_p(u_n, v_n); i, p = 1, 2, \dots, k.$$

(Variabel prediktor X_p memiliki pengaruh yang berbeda di setiap lokasi pengamatan)

Adapun statistik uji sebagai berikut (Leung et al., 2000):

$$F = \frac{V_p^2 / \gamma_1}{SSE(H_1) / \delta_1} \quad (2.34)$$

$$V_p^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\beta_p(u_i, v_i) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_p(u_i, v_i) \right)^2 \quad (2.35)$$

$$V_p^2 = \frac{1}{n} \beta_p(u_i, v_i)^T \left(\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J} \right) \beta_p(u_i, v_i). \quad (2.36)$$

dengan:

$\beta_p(u_i, v_i)$, didapat dari persamaan 2.30.

$$\gamma_i = \text{tr} \left(\frac{1}{n} \beta_p(u_i, v_i)^T \left[\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J} \right] \beta_p(u_i, v_i) \right); i = 1, 2$$

$$SSE(H_1) = \boldsymbol{\varepsilon}^T (\mathbf{I} - \mathbf{L})^T (\mathbf{I} - \mathbf{L}) \boldsymbol{\varepsilon}$$

$$\mathbf{H} = \mathbf{X} (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T$$

$$\delta_i = \text{tr}((\mathbf{I} - \mathbf{H})^T (\mathbf{I} - \mathbf{H})^i)$$

\mathbf{J} : matriks dengan ukuran $n \times n$ dimana setiap elemennya adalah 1,

$\boldsymbol{\varepsilon}_p$: vektor kolom dengan dimensi $(p + 1)$, bernilai 1 untuk elemen ke-p dan 0 untuk lainnya.

H_0 ditolak jika $p\text{-value} < \alpha$ atau $F_3 > F_{\alpha; df_1, df_2}$ dengan $df_1 = \left(\frac{\gamma_1^2}{\gamma_2} \right)$ dan $df_2 = \left(\frac{\delta_1^2}{\delta_2} \right)$.

2.11. *Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)*

Model regresi linier beranggapan bahwa titik sampel tidak saling memengaruhi secara spasial, sehingga semua variabel dianggap memiliki pengaruh yang sama. Namun, jika ada korelasi spasial dalam data, koefisien yang dihasilkan tidak akan mencerminkan variasi yang sebenarnya. Model GWR menyelesaikan masalah ini dengan menggunakan koordinat titik untuk mengukur perbedaan pengaruh secara spasial. Dalam penelitian ini, variabel prediktor dianggap sebagai variabel lokal, dan koefisien regresi bervariasi sesuai dengan lokasi. Beberapa variabel bersifat seragam dan lebih cocok untuk model regresi linier, sementara variabel lain yang menunjukkan perbedaan yang jelas lebih sesuai untuk GWR. Model MGWR menggabungkan kedua pendekatan ini, MGWR digunakan ketika dalam model GWR terdapat variabel prediktor yang tidak signifikan secara lokal, sehingga beberapa variabel dianggap sebagai variabel global. Dalam MGWR, beberapa koefisien diasumsikan tetap di seluruh titik pengamatan, sementara yang lainnya bervariasi tergantung pada lokasi. Model ini terdiri dari p variabel prediktor global dan a variabel prediktor lokal, dengan asumsi bahwa koefisien model memiliki karakteristik lokal (Zhang et al., 2021). Model MGWR sebagai berikut:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{p=1}^k \beta_p(u_i, v_i)X_{ip} + \sum_{p=a+1}^k \beta_p X_{ip} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.37)$$

dengan:

y_i : nilai variabel respon ke- i ,

X_{ip} : nilai variabel prediktor ke- p pada lokasi pengamatan ke- i ,

(u_i, v_i) : titik koordinat dari lokasi pengamatan ke- i ,

$\beta_0(u_i, v_i)$: konstanta/intercept pada pengamatan ke- i ,

$\beta_p(u_i, v_i)$: koef regresi variabel prediktor ke- k pada lokasi pengamatan ke- i

β_p : koefisien regresi variabel independen ke- p ,

ε_i : error pengamatan ke- i .

a : jumlah koefisien lokal yang dihitung untuk setiap lokasi dalam model.

2.11.1. Estimasi Parameter Model MGWR

Estimasi parameter dalam model MGWR diperoleh dari metode WLS. Sebelum melakukan estimasi, langkah pertama adalah mengetahui variabel global dan lokal dalam model MGWR (Oktarina et al., 2024). Seperti yang dijelaskan di bawah ini (Farida et al., 2024b):

$$y_i = \mathbf{X}_l \boldsymbol{\beta}_l(u_i, v_i) + \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g + \varepsilon \quad (2.38)$$

Dengan \mathbf{X}_l merupakan matriks variabel prediktor lokal, \mathbf{X}_g merupakan matriks variabel prediktor global, $\boldsymbol{\beta}_l(u_i, v_i)$ merupakan matriks parameter variabel respon lokal, dan $\boldsymbol{\beta}_g$ merupakan matriks parameter variabel prediktor global.

$$\mathbf{X}_l = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & \cdots & X_{1a} \\ 1 & X_{21} & \cdots & X_{2a} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{n1} & \cdots & X_{na} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{X}_g = \begin{bmatrix} X_{1(a+1)} & X_{1(a+2)} & \cdots & X_{1k} \\ X_{2(a+1)} & X_{2(a+2)} & \cdots & X_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n(a+1)} & X_{n(a+2)} & \cdots & X_{nk} \end{bmatrix} \quad (2.39)$$

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad \beta(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} \beta_0(u_i, v_i) \\ \beta_1(u_i, v_i) \\ \vdots \\ \beta_a(u_i, v_i) \end{bmatrix}, \quad \beta_{\mathbf{g}} = \begin{bmatrix} \beta_{a+1} \\ \beta_{a+2} \\ \vdots \\ \beta_{a+n} \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.40)$$

Dengan menggunakan matriks pembobot yang serupa dengan pembobot dalam GWR, hal ini dapat dituliskan yakni:

$$\mathbf{W}(u_i, v_i) = \text{diag}[w_1(u_i, v_i), w_2(u_i, v_i), \dots, w_n(u_i, v_i)] \quad (2.41)$$

Pendugaan parameter dalam model MGWR dilakukan melalui dua tahap estimasi, yaitu $\hat{\beta}_g$ dan $\hat{\beta}_l(u_i, v_i)$:

$$\hat{\beta}_g = [\mathbf{X}_g^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g]^{-1} \mathbf{X}_g^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_l) \mathbf{y} \quad (2.42)$$

$$\hat{\beta}_l(u_i, v_i) = [\mathbf{X}_l^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^T \mathbf{W}(u_i, v_i) (\mathbf{y} - \mathbf{X}_g \hat{\beta}_g) \quad (2.43)$$

dengan

$$\mathbf{S}_l = \begin{bmatrix} X_{l1} (X_{l1}^T W(u_1, v_1) X_l)^{-1} X_l^T W(u_1, v_1) \\ X_{l2} (X_{l2}^T W(u_2, v_2) X_l)^{-1} X_l^T W(u_2, v_2) \\ \vdots \\ X_{ln} (X_{ln}^T W(u_n, v_n) X_l)^{-1} X_l^T W(u_n, v_n) \end{bmatrix} \quad (2.44)$$

Nilai prediksi dari variabel respon n lokasi observasi yaitu :

$$\begin{aligned}
 \hat{y} &= S_l(y - X_g \hat{\beta}_g) + X_g \hat{\beta}_g \\
 &= S_l y + (I - S_l) X_g \hat{\beta}_g \\
 &= S_l y + (I - S_l) X_g [X_g^T (I - S_l)^T (I - S_l) X_g]^{-1} X_g^T (I - S_l)^T (I - S_l) y \\
 &= \left[S_l + (I - S_l) X_g [X_g^T (I - S_l)^T (I - S_l) X_g]^{-1} X_g^T (I - S_l)^T (I - S_l) \right] y \\
 \hat{y} &= S y
 \end{aligned} \tag{2.45}$$

dengan

$$S = S_l + (I - S_l) X_g [X_g^T (I - S_l)^T (I - S_l) X_g]^{-1} X_g^T (I - S_l)^T (I - S_l) \tag{2.46}$$

2.11.2. Uji Kesesuaian Model

Penilaian kesesuaian model dilakukan untuk mengukur pengaruh wilayah secara signifikan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan apakah model MGWR memberikan penjelasan yang lebih efektif terhadap data dibandingkan dengan model regresi linier. (Nugroho et al., 2024). Adapun pengujian hipotesis yaitu :

$$H_0 : \beta_p(u_i, v_i) = \beta_p \quad ; \quad p = 1, 2, \dots, k \quad \text{dan} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

(model regresi global dan MGWR menunjukkan hasil yang serupa dalam menjelaskan kecocokan model)

$$H_1 : \exists \beta_p(u_i, v_i) \neq \beta_p \quad ; \quad p = 1, 2, \dots, k \quad \text{dan} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

(Terdapat $\beta_p(u_i, v_i) \neq \beta_p$ yang artinya model regresi global dan MGWR menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan dalam menjelaskan kecocokan model)

Statistik uji sebagai berikut :

$$F(1) = \frac{\mathbf{y}^T [(\mathbf{I} - \mathbf{H}) - (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})] \mathbf{y} / v_1}{\mathbf{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}) \mathbf{y} / u_1} \quad (2.47)$$

dengan :

$$v_i = \text{tr} \left([(\mathbf{I} - \mathbf{H})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})]^i \right); \quad i = 1, 2$$

$$u_i = \text{tr}([(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^i]), i = 1, 2$$

$$H = \mathbf{X} (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T$$

H_0 ditolak jika p-value $< \alpha$ atau $F_1 > F_{\alpha; df_1; df_2}$, dengan $df_1 = \left(\frac{v_1^2}{v_2} \right)$ dan $df_2 = \left(\frac{u_1^2}{u_2} \right)$

2.11.3. Uji Serentak Model MGWR

Uji serentak pada model MGWR bertujuan untuk menilai pengaruh variabel-variabel dalam model secara keseluruhan. Ada dua jenis uji serentak yang dilakukan, yaitu untuk menguji parameter variabel global dan parameter variabel lokal.

Uji Serentak Parameter Variabel Global

Pengujian ini bertujuan menguji variabel prediktor global secara keseluruhan apakah berpengaruh terhadap variabel respon dengan pengujian hipotesis meliputi (Pratiwi & Ayuningsih, 2023):

$$H_0 : \beta_{a+1} = \beta_{a+2} = \dots = \beta_p = 0$$

(Tidak ada pengaruh variabel global secara bersamaan terhadap variabel respon)

$$H_1 : \exists \beta_p \neq 0$$

Ada pengaruh variabel global secara bersamaan terhadap variabel respon

Statistik uji sebagai berikut:

$$F(2) = \frac{\mathbf{y}^T[(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1) - (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})]\mathbf{y}/r_i}{\mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y}/u_i} \quad (2.48)$$

dengan $r_i = \text{tr}([\mathbf{I} - \mathbf{S}_i)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_i) - (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})]^i); i = 1, 2$ H_0 ditolak jika $p\text{-value} < \alpha$ atau $F_2 > F_{\alpha;df_1;df_2}$, dengan $df_1 = \left(\frac{r_1^2}{r_2}\right)$ dan $df_2 = \left(\frac{u_1^2}{u_2}\right)$

Uji Serentak Parameter Variabel Lokal

Uji serentak mengeksplorasi hubungan simultan antara variabel lokal dan variabel respon, dengan hipotesis berikut (Pratiwi & Ayuningsih, 2023):

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_a(u_i, v_i) = 0$$

Pengaruh variabel lokal terhadap variabel respon tidak signifikan.

$$H_1 : \exists \beta_p(u_i, v_i) \neq 0$$

Pengaruh variabel lokal terhadap variabel respon signifikan

Statistik uji sebagai berikut:

$$F(3) = \frac{\mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)\mathbf{y} - \mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y}/t_i}{\mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y}/u_i} \quad (2.49)$$

dengan :

$$t_i = \text{tr}([\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g) - (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})]^i); \quad i = 1, 2$$

$$\mathbf{S}_g = \mathbf{X}_g (\mathbf{X}_g^T \mathbf{X}_g)^{-1} \mathbf{X}_g^T$$

H_0 ditolak jika $p\text{-value} < \alpha$ atau $F_3 > F_{\alpha;df_1;df_2}$, dengan $df_1 = \left(\frac{t_1^2}{t_2}\right)$ dan $df_2 = \left(\frac{u_1^2}{u_2}\right)$

2.11.4. Uji Parsial Model MGWR

Uji parsial model bertujuan untuk menilai variabel global dan lokal yang memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel respon dalam model MGWR.

Terdapat dua jenis uji parsial secara global dan lokal (Pratiwi & Ayuningsih, 2023).

Uji Parsial Parameter Variabel Global

Hipotesis yang diterapkan meliputi :

$H_0 : \beta_p = 0$ (Tidak ada pengaruh signifikan dari variabel global X_p)

$H_1 : \beta_p \neq 0$ (Terdapat pengaruh signifikan dari variabel global X_p)

Statistik uji:

$$t = \frac{\hat{\beta}_p}{\hat{\sigma} \sqrt{g_{pp}}} \quad (2.50)$$

Dengan:

g_{pp} = Elemen diagonal ke- p dari matriks \mathbf{GG}^T

$$G = [\mathbf{X}_g^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g]^{-1} \mathbf{X}_g^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\mathbf{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}) \mathbf{y}}{\text{tr}((\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}))}$$

H_0 ditolak jika p-value $< \alpha$ atau $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}; df}$, dengan $df = \left(\frac{u_1^2}{u_2} \right)$

Uji Parsial Parameter Variabel Lokal

Hipotesis yang diterapkan meliputi :

$H_0 : \beta_p(u_i, v_i) = 0$ (Tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari variabel global X_p pada lokasi ke- i)

$H_1 : \beta_p(u_i, v_i) \neq 0$ (Terdapat pengaruh signifikan dari variabel global X_p pada lokasi ke- i)

Statistik uji sebagai berikut:

$$t = \frac{\hat{\beta}_p}{\hat{\sigma} \sqrt{m_{pp}}} \quad (2.51)$$

dengan :

m_{pp} : Elemen diagonal ke- p dari matriks $\mathbf{M}_i \mathbf{M}_i$

$$M_1 : [X^T W(u, v) X]^{-1} X^T W(u, v) (I - X_g G)$$

$$\hat{\sigma} : \frac{y^T (I - S)^T (I - S) y}{\text{tr}((I - S)^T (I - S))}$$

H_0 ditolak jika p-value $< \alpha$ atau $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}; df}$, dengan $df = \left(\frac{u_1}{u_2}\right)$

2.12. Ukuran Kebaikan

Ukuran kebaikan dalam penelitian ini menggunakan koefisien determinasi, MAPE, dan AIC.

2.12.1. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi dalam regresi, yang dikenal sebagai R^2 digunakan untuk mengevaluasi kebaikan model dan sejauh mana model dapat menjelaskan variasi atau perubahan dalam variabel prediktor terhadap variabel respon (Harahap, 2022). Koefisien determinasi yang lebih tinggi menunjukkan kontribusi yang lebih besar dari variabel prediktor dalam menjelaskan variabel respon. Jika nilai R^2 mendekati 1, maka model tersebut dianggap semakin efektif dalam menjelaskan variasi pada variabel respon. Sebaliknya, jika nilai R^2 mendekati 0, maka model lemah dalam menjelaskan variasi pada variabel respon (Erlando, 2023). Perhitungan koefisien determinasi yaitu (Luku & Suryowati, 2022) :

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{\text{residual}}}{SS_{\text{total}}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.52)$$

2.12.2. Mean Absolute Percentage Error

(MAPE) *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) adalah rata-rata dari perbedaan absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual, yang dinyatakan dalam bentuk persentase terhadap nilai aktual. MAPE digunakan untuk mengevaluasi tingkat akurasi suatu metode peramalan dengan membandingkan hasil prediksi

terhadap nilai aktualnya. Nilai MAPE dapat dihitung menggunakan rumus atau persamaan berikut (Nabillah & Ranggadara, 2020):

$$\text{MAPE} = \left(\frac{100}{n} \right) \sum \left| y_i - \frac{\hat{y}_i}{y_i} \right| \quad (2.53)$$

dengan :

y : Data aktual pada pengamatan ke- i

\hat{y} : Data hasil prediksi pada pengamatan ke- i

n : Jumlah total observasi

Rentang nilai MAPE:

< 10% : Model peramalan sangat baik

10% – 20% : Model peramalan baik

20% – 50% : Model peramalan layak

> 50% : Model peramalan buruk

2.12.3. Akaike Information Criterion (AIC)

Untuk memilih model terbaik dalam pemodelan spasial yang umum juga dapat menggunakan nilai AIC (Taek et al., 2023). AIC adalah metode yang digunakan untuk menilai kualitas suatu model dengan mengukur sejauh mana model tersebut mampu menghasilkan estimasi parameter yang mendekati nilai sebenarnya dari populasi (Alvionita, 2024). Pemilihan model terbaik berdasarkan nilai AIC paling kecil (Wahyudi et al., 2023). Adapun rumus menghitung AIC :

$$AIC = -2 \log(\hat{\sigma}^2) + n \log(2\pi) + n + \text{tr}(L) \quad (2.54)$$

dengan :

$\hat{\sigma}^2$ adalah estimasi varian residual,

$\text{tr}(L)$ adalah trace dari matriks L.

2.13. Pandangan Islam Terhadap Tuberculosis

Islam mengajarkan bahwa kebersihan merupakan bagian dari iman. Menjaga kebersihan merupakan salah satu langkah mencegah terjangkitnya penyakit menular, salah satunya tuberculosis. Allah SWT berfirman dalam surah Al-Baqarah ayat 222:

يَا أَيُّهَا النَّاسُ قَدْ جَاءَكُمْ مَوْعِظَةٌ مِنْ رَبِّكُمْ وَشِفَاءٌ لِمَا فِي الصُّدُورِ وَهُدًى وَرَحْمَةٌ
لِلْمُؤْمِنِينَ

Terjemahan: *"Mereka bertanya kepadamu tentang haidh. Katakanlah: "Haidh itu adalah suatu kotoran". Oleh sebab itu hendaklah kamu menjauhkan diri dari wanita di waktu haidh; dan janganlah kamu mendekati mereka, sebelum mereka suci. Apabila mereka telah suci, maka campurilah mereka itu di tempat yang diperintahkan Allah kepadamu. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertaubat dan menyukai orang-orang yang mensucikan diri."*

Ayat ini menjelaskan bahwa penting menjaga kebersihan jasmani dan rohani. Kebersihan jasmani mencakup menjaga tubuh dan lingkungan agar tetap bersih, termasuk menjaga sanitasi yang baik dan ventilasi yang memadai untuk mencegah penyebaran bakteri. Kebersihan rohani, seperti menjaga niat yang lurus dan bersabar dalam menghadapi penyakit, membantu meningkatkan kesadaran

akan pentingnya menjaga kesehatan. Dengan menerapkan kebersihan jasmani dan rohani, umat Muslim dapat mengurangi risiko penularan penyakit serta menjaga kesehatan fisik. Islam juga mengajarkan untuk melakukan pencegahan terhadap penyakit, Allah SWT berfirman dalam surah Al-Baqarah ayat 195:

وَأَنْفِقُوا فِي سَبِيلِ اللَّهِ وَلَا تُلْقُوا بِأَيْدِيكُمْ إِلَى التَّهْلُكَةِ وَأَحْسِنُوا إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ
الْمُحْسِنِينَ

Terjemahan: *"Dan belanjakanlah (harta bendamu) di jalan Allah, dan janganlah kamu menjatuhkan dirimu sendiri ke dalam kebinasaan, dan berbuat baiklah, karena sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik."*

Ayat ini mengajarkan bahwa diri sendiri harus senantiasa melindungi diri dari penyakit, dengan cara menjaga lingkungan senantiasa bersih dan sehat, memanfaatkan fasilitas kesehatan yang ada, segera berobat ketika terdapat gejala penyakit. Hal tersebut dilakukan agar diri sendiri serta orang lain terhindar dari potensi penularan penyakit serta penyebaran penyakit.

Salah satu hadis yang berkaitan dengan wabah penyakit menular adalah hadis yang diriwayatkan oleh Bukhari nomor 5730, yang mengajarkan kita untuk menghindari tempat yang terjangkit wabah dan tidak keluar dari tempat yang telah terinfeksi, sebagai bentuk pencegahan agar tidak memperburuk penyebaran penyakit.

حَدَّثَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ يُوسُفَ، أَخْبَرَنَا مَالِكُ، عَنْ إِبْنِ سَهَابٍ، عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عَمْرٍو، أَنَّ عُمَرَ
خَرَجَ إِلَى الشَّامِ، فَلَمَّا كَانَ بِسَرْغِ، بَلَغَهُ أَنَّ الْوَبَاءَ قَدْ وَقَعَ بِالشَّامِ، فَأَخْبَرَهُ عَبْدُ الرَّحْمَنِ
بْنُ عَوْفٍ أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: إِذَا سَمِعْتُمْ بِهِ بِأَرْضٍ فَلَا تَقْدُمُوا
عَلَيْهِ، وَإِذَا وَقَعَ بِأَرْضٍ وَأَنْتُمْ بِهَا فَلَا تَخْرُجُوا فِرَازًا مِنْهُ.

Terjemahan: "Abdullah bin Yusuf telah menceritakan kepada kita, Malik telah mengabarkan kepada saya, dari bin Syihab, dari Abdillah bin Amir, Sesungguhnya khalifah Umar dalam perjalanan menuju negara Syam, saat sampai di wilayah bernama Sargh. Saat itu Umar mendapat kabar adanya wabah di wilayah Syam. Kemudian Abdurrahman bin Auf memberi kabar kepada Umar bahwa Rosulullah SAW bersabda: " Jika kamu mendengar wabah di suatu wilayah, maka janganlah kalian memasukinya. Tapi jika terjadi wabah di tempat kamu berada, maka jangan tinggalkan tempat itu."

Hadis di atas adalah prinsip dasar dalam mitigasi bencana, termasuk dalam mengendalikan penyakit menular seperti tuberkulosis, yang menyebar melalui udara. Melalui upaya untuk tidak berinteraksi langsung dengan orang yang terinfeksi, dapat meminimalkan penyebaran penyakit karena tuberkulosis terutama menyebar melalui percikan udara yang keluar saat penderita batuk atau bersin. Oleh karena itu, tindakan preventif yang paling efektif adalah dengan mengurangi interaksi langsung dengan mereka yang berpotensi terinfeksi. Selain ayat Al-Qur'an dan hadis, terdapat kaidah fiqh yang berkaitan dengan penyakit tuberkulosis

لَا ضَرَرَ وَلَا ضِرَارَ

Terjemahan: Tidak boleh melakukan sesuatu yang membahayakan diri sendiri

ataupun orang lain.

Prinsip ini mengajarkan bahwa seorang individu yang terinfeksi tuberkulosis harus menjaga jarak dan mengurangi interaksi sosial agar tidak menyebarkan penyakit kepada orang lain. Begitu juga bagi yang sehat, mereka dianjurkan untuk menghindari kontak dengan penderita tuberkulosis, guna menghindari bahaya penularan. Selain itu, penanggulangan yang lebih menyeluruh juga harus dilakukan, termasuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkaitan dengan penyebaran penyakit. Melalui cara ini, kita tidak hanya melindungi diri sendiri dan orang lain dari penularan, tetapi juga berkontribusi dalam pencegahan wabah secara lebih luas, memastikan masyarakat tetap sehat dan terhindar dari bahaya penyakit menular.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB III

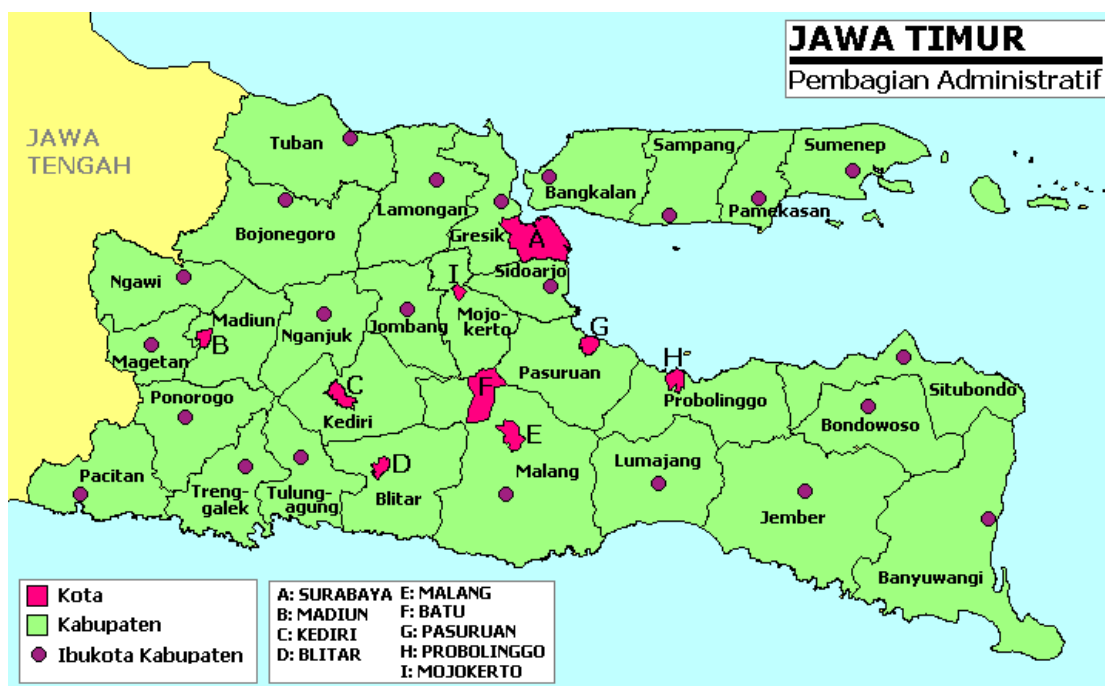
METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan untuk penelitian ini bersifat kuantitatif, yang berfokus pada pengumpulan dan analisis data numerik untuk menganalisis variabel-variabel yang berkaitan serta menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

3.2. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan model MGWR dengan data sekunder yang berhubungan dengan dugaan faktor penentu kasus tuberkulosis di wilayah Jawa Timur pada tahun 2023. Sumber data ini adalah Dinas Kesehatan serta Badan Pusat Statistik Jawa Timur. Lokasi penelitian terdiri dari 38 wilayah administratif di Provinsi Jawa Timur, yang mencakup 9 kota dan 29 kabupaten meliputi :



Gambar 3.1 Peta Administrasi Jawa Timur

Sumber: (Media Indonesia, 2024)

Variabel dalam penelitian ini meliputi:

Tabel 3.1 Tabel Variabel Penelitian

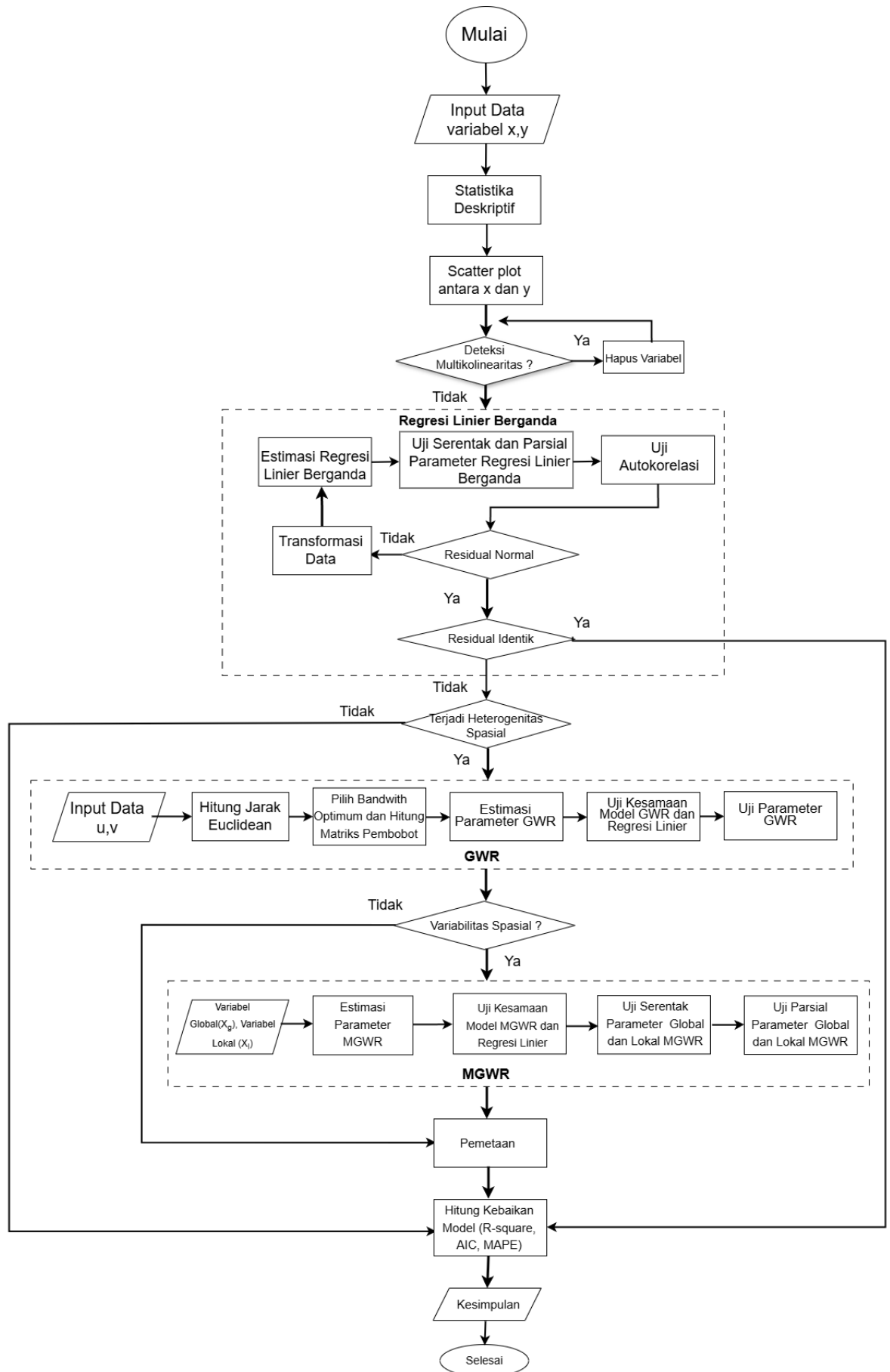
| Variabel | Keterangan | Skala Data | Sumber Data |
|----------------|---|------------|----------------|
| u | Garis bujur | koordinat | Caraka & Yasin |
| v | Garis lintang | koordinat | Caraka & Yasin |
| Y | Persentase penderita tuberkulosis | Rasio | Dinkes Jatim |
| X ₁ | Persentase penduduk miskin | Rasio | BPS Jatim |
| X ₂ | Persentase sanitasi layak | Rasio | BPS Jatim |
| X ₃ | Persentase rumah tangga dengan bahan bakar utama untuk memasak kayu | Rasio | BPS Jatim |
| X ₄ | Persentase bayi mendapatkan imunisasi BCG | Rasio | Dinkes Jatim |
| X ₅ | Persentase penderita HIV | Rasio | Dinkes Jatim |
| X ₆ | Persentase tempat fasilitas umum sesuai standar | Rasio | Dinkes Jatim |
| X ₇ | Persentase tempat pengelolaan pangan sesuai standar | Rasio | Dinkes Jatim |

Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian

| No | Kabupaten/Kota | u | v | y | x_1 | x_2 | \dots | x_6 | x_7 |
|---------|----------------|----------|----------|----------|------------|------------|---------|------------|------------|
| 1 | Pacitan | u_1 | v_1 | y_1 | $x_{1,1}$ | $x_{2,1}$ | \dots | $x_{6,1}$ | $x_{7,1}$ |
| 2 | Ponorogo | u_2 | v_2 | y_2 | $x_{1,2}$ | $x_{2,2}$ | \dots | $x_{6,2}$ | $x_{7,2}$ |
| 3 | Trenggalek | u_3 | v_3 | y_3 | $x_{1,3}$ | $x_{2,3}$ | \dots | $x_{6,3}$ | $x_{7,3}$ |
| 4 | Tulungagung | u_4 | v_4 | y_4 | $x_{1,4}$ | $x_{2,4}$ | \dots | $x_{6,4}$ | $x_{7,4}$ |
| 5 | Blitar | u_5 | v_5 | y_5 | $x_{1,5}$ | $x_{2,5}$ | \dots | $x_{6,5}$ | $x_{7,5}$ |
| \dots | \dots | \dots | \dots | \dots | \dots | \dots | \dots | \dots | \dots |
| 34 | Kota Pasuruan | u_{34} | v_{34} | y_{34} | $x_{1,34}$ | $x_{2,34}$ | \dots | $x_{6,34}$ | $x_{7,34}$ |
| 35 | Kota Mojokerto | u_{35} | v_{35} | y_{35} | $x_{1,35}$ | $x_{2,35}$ | \dots | $x_{6,35}$ | $x_{7,35}$ |
| 36 | Kota Madiun | u_{36} | v_{36} | y_{36} | $x_{1,36}$ | $x_{2,36}$ | \dots | $x_{6,36}$ | $x_{7,36}$ |
| 37 | Kota Surabaya | u_{37} | v_{37} | y_{37} | $x_{1,37}$ | $x_{2,37}$ | \dots | $x_{6,37}$ | $x_{7,37}$ |
| 38 | Kota Batu | u_{38} | v_{38} | y_{38} | $x_{1,38}$ | $x_{2,38}$ | \dots | $x_{6,38}$ | $x_{7,38}$ |

3.3. Kerangka Penelitian

Data yang telah terkumpul kemudian dilakukan proses analisis untuk memetakan daerah kasus tuberkulosis di Provinsi Jawa Timur menggunakan metode MGWR. Tahapan ini bertujuan untuk menentukan faktor penentu tuberkulosis sebagaimana dijelaskan pada 3.1.



Gambar 3.2 Diagram Alir

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian faktor penentu kasus tuberkulosis di Jawa Timur yaitu :

1. Menganalisis data untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kasus tuberkulosis di Jawa Timur menggunakan rumus 2.1 dan 2.2.
2. Visualisasi hubungan antara variabel prediktor dengan variabel respon menggunakan scatter plot.
3. Melakukan deteksi multikolinearitas antar variabel prediktor menggunakan persamaan 2.4, apabila ditemukan multikolinearitas dimana $VIF \geq 10$ maka variabel tersebut dihapus.
4. Melaksanakan proses regresi linier berganda dengan tahapan :
 - (a) Mengestimasi parameter model menggunakan pendekatan *Ordinary Least Squares* (OLS) 2.8
 - (b) Melakukan uji parameter secara bersamaan menggunakan persamaan 2.10
 - (c) Melakukan uji parameter secara parsial menggunakan persamaan 2.11
 - (d) Melakukan uji asumsi residual menggunakan persamaan 2.13, 2.12, dan 2.14
5. Melakukan uji heterogenitas spasial 2.15, jika terjadi heterogenitas spasial akan dilanjutkan ke metode GWR. Jika tidak terjadi heterogenitas spasial cukup menggunakan regresi linier berganda.
6. Melaksanakan proses analisis GWR dengan tahapan :
 - (a) Menentukan titik (u,v), kemudian menghitung jarak Euclidean antara lokasi ke-i pada koordinat (u_i, v_i) terhadap lokasi ke-j pada koordinat

(u_j, v_j) menggunakan rumus 2.17 dengan data bujur dan lintang pada tiap kabupaten dan kota di wilayah Jawa Timur.

- (b) Mendapatkan bandwidth optimum dengan nilai CV paling minimum 2.18. Setelah memilih bandwidth fixed atau adaptive memasukan bandwidth dan jarak euclidean pada perhitungan matriks pembobot fungsi kernel gaussian, bisquare, tricube 2.25.
- (c) Seleksi fungsi kernel GWR terbaik berdasarkan CV paling minimum
- (d) Mengestimasi parameter model GWR dengan menerapkan persamaan 2.29 menggunakan metode WLS (*Weight Last Square*).
- (e) Melakukan uji kesesuaian model GWR dengan menerapkan persamaan 2.31 terhadap regresi linier berganda.
- (f) Melakukan uji parameter secara parsial 2.33 berdasarkan estimasi parameter GWR.

7. Melakukan uji variabilitas spasial 2.34, minimal terdapat satu variabel yang signifikan. Pada pengujian ini akan ditentukan variabel global dan variabel lokal. Apabila keseluruhan variabel signifikan maka menggunakan GWR.

8. Melakukan analisis MGWR dengan tahapan :

- (a) Mengestimasi parameter model MGWR 2.42 2.43 menggunakan metode WLS (*Weight Last Square*).
- (b) Melakukan uji kesesuaian model MGWR 2.47 terhadap regresi linier berganda.
- (c) Melakukan uji parameter secara serentak parameter global 2.48 dan lokal model MGWR 2.49.

i. Hipotesis global $H_0 : \beta_{a+1} = \beta_{a+2} = \dots = \beta_p = 0$

(Tidak terdapat pengaruh variabel global secara bersamaan terhadap variabel respon)

$$H_1 : \exists \beta_p \neq 0$$

terdapat pengaruh variabel global secara bersamaan terhadap variabel respon

ii. Hipotesis lokal $H_0 : \beta_{q+1} = \beta_{q+2} = \dots = \beta_p = 0$

(Tidak terdapat pengaruh variabel lokal secara bersamaan terhadap variabel respon)

$$H_1 : \exists \beta_p \neq 0$$

terdapat pengaruh variabel lokal secara bersamaan terhadap variabel respon

(d) Melakukan uji parameter secara parsial parameter global 2.50 dan lokal 2.51 model MGWR.

i. Hipotesis global

$H_0 : \beta_p = 0$ (Tidak ada pengaruh signifikan dari variabel global X_p)

$H_1 : \beta_p \neq 0$ (Terdapat pengaruh signifikan dari variabel global X_p)

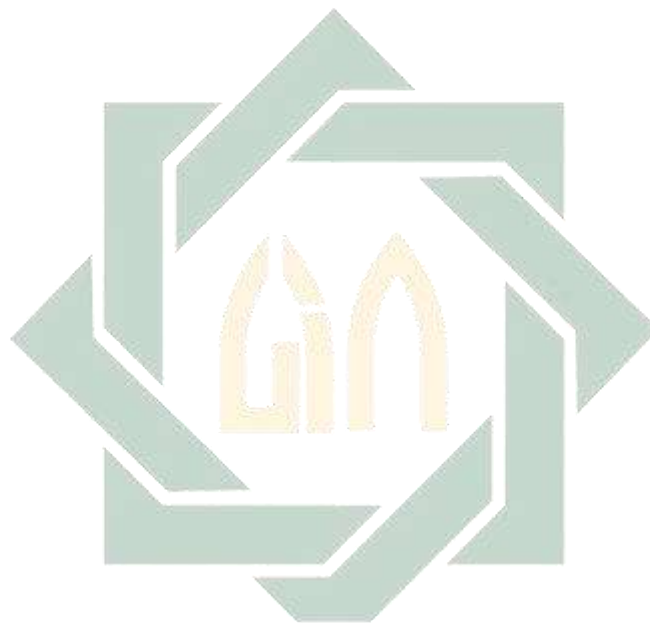
ii. Hipotesis lokal

$H_0 : \beta_p(u_i, v_i) = 0$ (Tidak ada pengaruh signifikan dari variabel global X_p pada lokasi ke- i)

$H_1 : \beta_p(u_i, v_i) \neq 0$ (Terdapat pengaruh signifikan dari variabel global X_p pada lokasi ke- i)

9. Melakukan pemetaan menggunakan hasil dari MGWR yaitu variabel yang signifikan menggunakan aplikasi Arcgis.

10. Menghitung kebaikan model menggunakan R^2 2.52 dan AIC 2.54 dari model regresi linier berganda, GWR, dan MGWR. Kemudian membandingkan model terbaik jika R^2 dan AIC .
11. Membuat kesimpulan



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

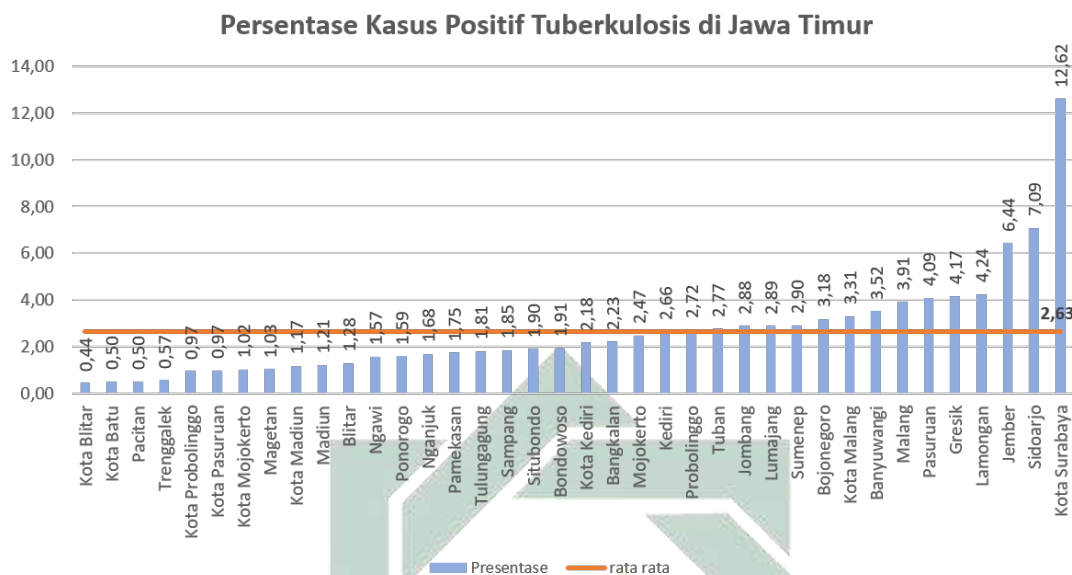
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini, akan dibahas mengenai analisis data yang digunakan untuk menguji hubungan antara variabel-variabel dalam penelitian ini. Variabel yang digunakan terdiri dari satu variabel respon, yaitu persentase kasus tuberkulosis, dan tujuh variabel prediktor, yaitu persentase penduduk miskin (X_1), persentase sanitasi layak (X_2), persentase rumah tangga yang memasak menggunakan bahan bakar kayu (X_3), persentase bayi yang mendapat imunisasi BCG (X_4), persentase penderita HIV (X_5), persentase fasilitas umum yang sesuai standar (X_6), dan persentase tempat pengelolaan pangan yang sesuai standar (X_7). Dalam analisis ini, digunakan pendekatan regresi linier berganda serta *Geographically Weighted Regression* (GWR) dan *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR).

4.1. Statistika Deskriptif

Tahapan awal dalam analisis data penelitian ini yaitu statistika deskriptif untuk memberikan gambaran yang jelas tentang karakteristik data yang terkumpul melalui *Software RStudio*. Provinsi Jawa Timur menjadi provinsi tertinggi kedua kasus positif tuberkulosis di Indonesia. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian untuk mengurangi angka penyebaran tuberkulosis. Persentase penyebaran kasus positif tuberkulosis di tiap kabupaten atau kota di Jawa Timur di jelaskan pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Persentase Penyebaran Tuberkulosis di Jawa Timur

Sumber: (Dinkes Jatim, 2023)

Berdasarkan gambar 4.1 persentase kasus positif tuberkulosis di Jawa Timur tahun 2023, Kota Surabaya menjadi kota penyumbang tertinggi kasus positif tuberkulosis sebesar 12,62%. Kota Blitar sebagai kota terendah dengan presentase kasus positif tuberkulosis sebesar 0,44%. Rata-rata kasus tuberkulosis sebesar 2,64 dan nilai standar deviasi sebesar 2,24. Nilai rata-rata lebih besar dari standar deviasi menunjukkan bahwa data cenderung terkumpul lebih rapat di sekitar rata-rata dan memiliki distribusi yang lebih terpusat. Dalam hal ini, sebagian besar nilai dalam data tersebut berada dekat dengan nilai rata-rata, dan variabilitas atau penyebaran data relatif kecil. Kasus positif tuberkulosis yang masih tinggi, sehingga perlu adanya penelitian terkait faktor yang mempengaruhi tuberkulosis di Jawa Timur. Variabel-variabel prediktor yang berhubungan dengan tuberkulosis di wilayah ini dapat dilihat pada Tabel 4.1, yang menyajikan nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi dari setiap variabel yang

dianalisis. Data tersebut memberikan gambaran mengenai distribusi dan variasi variabel prediktor yang berpotensi mempengaruhi kejadian tuberkulosis di berbagai daerah di Jawa Timur.

Tabel 4.1 Statistik deskriptif variabel penelitian

| Simbol | Variabel | Min | Max | Mean | SD |
|----------------|---|-------|-------|-------|-------|
| X ₁ | Persentase Penduduk Miskin | 3.31 | 21.76 | 10.29 | 4.32 |
| X ₂ | Persentase Sanitasi Layak | 50.3 | 98.12 | 84.59 | 12.18 |
| X ₃ | Persentase Rumah Tangga dengan Bahan Bakar Utama untuk Memasak Kayu | 0 | 66.54 | 11.54 | 13.70 |
| X ₄ | Persentase Bayi Mendapatkan Imunisasi BCG | 85.98 | 99.28 | 94.10 | 3.65 |
| X ₅ | Persentase Penderita HIV | 0.30 | 11.81 | 2.63 | 2.37 |
| X ₆ | Persentase Tempat Fasilitas Umum Sesuai Standar | 61.01 | 99.10 | 87.26 | 9.65 |
| X ₇ | Persentase Tempat Pengelolaan Pangan Sesuai Standar | 79.26 | 100 | 96.12 | 4.81 |

Tabel statistik deskriptif menunjukkan variasi antar variabel penelitian. Persentase penduduk miskin (X_1) memiliki rata-rata 10,29% dengan standar deviasi 4,32%, menunjukkan tingkat kemiskinan yang relatif terkendali, meskipun terdapat wilayah dengan angka yang sangat tinggi (maksimum 21,76%). Sanitasi layak (X_2) rata-rata 84,59%, tetapi memiliki standar deviasi 12,18%, mencerminkan adanya daerah dengan akses sanitasi yang masih sangat terbatas (minimum 50,3%). Penggunaan bahan bakar kayu (X_3) menunjukkan rata-rata 11,54% dengan variasi besar (SD 13,70%), mengindikasikan ketergantungan signifikan di beberapa wilayah. Sebaliknya, imunisasi BCG (X_4) memiliki rata-rata 94,10% dengan standar deviasi kecil (SD 3,65%), menunjukkan cakupan imunisasi yang relatif merata. Penderita HIV (X_5), meskipun rata-rata rendah (2,63%), memiliki standar deviasi 2,37%, mencerminkan perbedaan distribusi

antar wilayah. Fasilitas umum sesuai standar (X_6) dan pengelolaan pangan sesuai standar (X_7) masing-masing memiliki rata-rata tinggi (87,26% dan 96,12%), dengan variasi yang tidak terlalu besar, menunjukkan kualitas fasilitas yang cukup baik di sebagian besar wilayah.

4.2. Nonlinieritas

Uji non-linieritas untuk menentukan apakah terdapat hubungan non-linier antara variabel prediktor dan variabel respon, pengujian menggunakan Uji Ramsey RESET dengan hipotesis :

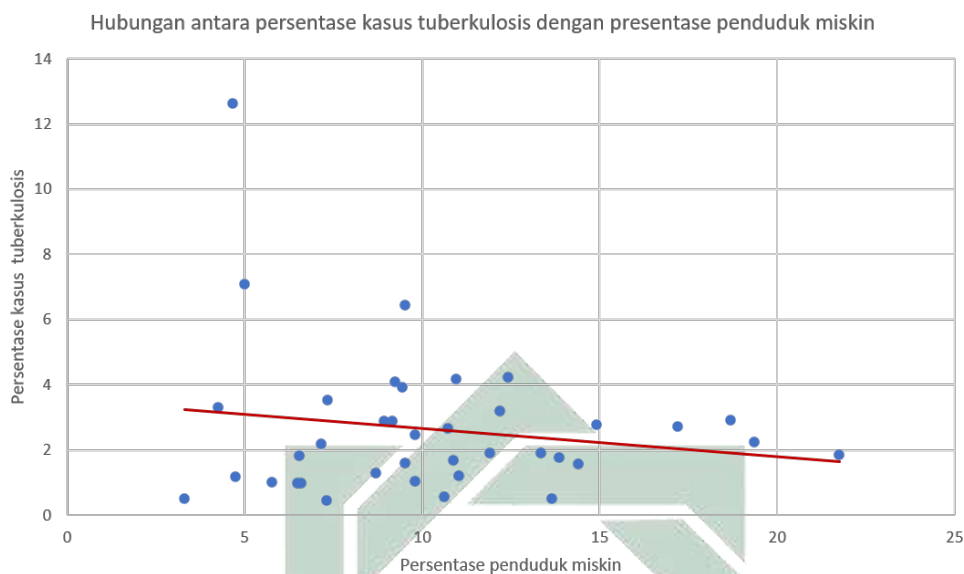
H_0 : Model linier

H_1 : Model non-linier.

Perhitungan menggunakan persamaan 2.3, berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan 2.3 didapatkan hasil nilai reset 19,68 dengan pvalue 0,0001211 dimana nilai tersebut kurang dari α 0,05 sehingga dapat ditarik kesimpulan Tolak H_0 model terdeteksi non-linier. Namun, pada penelitian ini model diasumsikan linier.

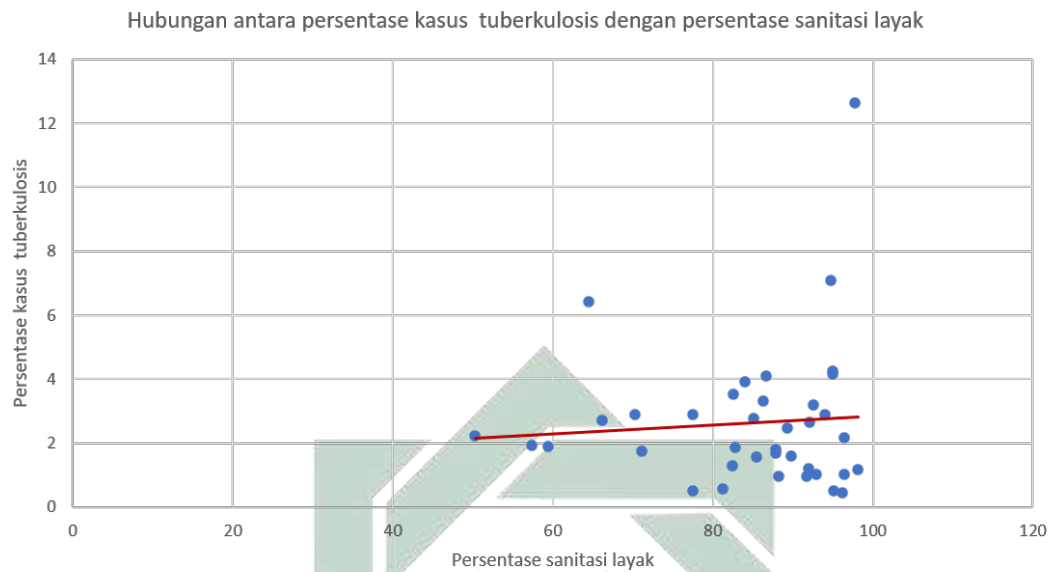
4.3. Scatter Plot

Scatterplot digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antara variabel respon dengan tiap variabel prediktor. Scatterplot juga memberikan gambaran awal tentang keterkaitan antara variabel, yang penting dalam menentukan apakah hubungan tersebut signifikan secara statistik. Berikut ini adalah scatter plot yang menggambarkan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor.



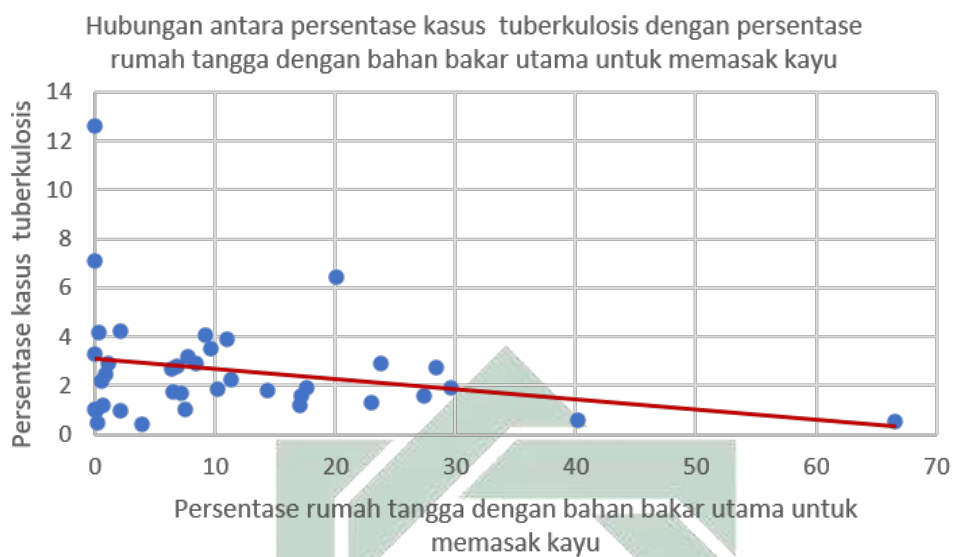
Gambar 4.2 Scatterplot antara persentase kasus tuberkulosis dengan persentase kemiskinan

Scatterplot pada gambar 4.2 menunjukkan garis membentang dari kiri atas ke kanan bawah. Garis tersebut menandakan hubungan linier negatif antara persentase penduduk miskin (X_1) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y). Artinya, secara umum, daerah dengan persentase kemiskinan yang lebih tinggi cenderung memiliki persentase kasus tuberkulosis yang sedikit lebih rendah. Hubungan antara persentase penduduk miskin (X_1) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y) saling berlawanan.



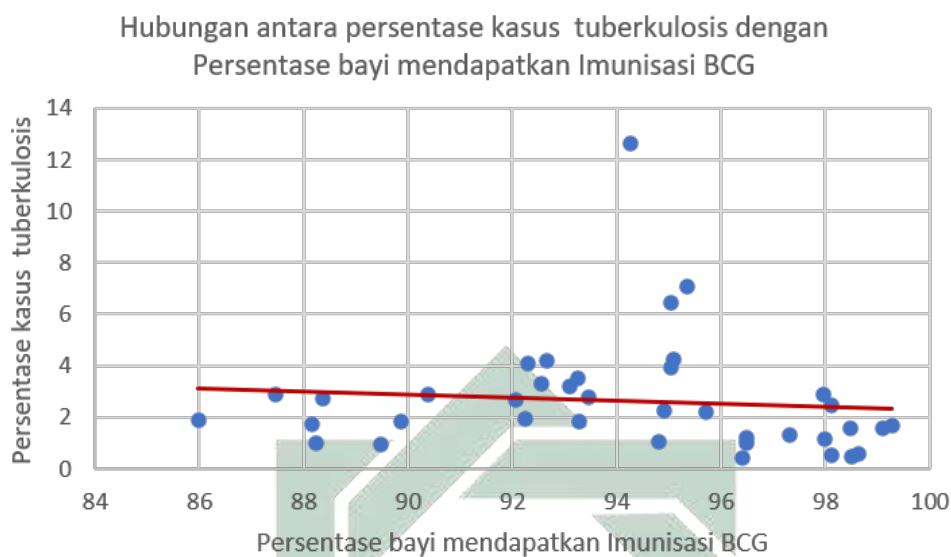
Gambar 4.3 Scatterplot antara persentase kasus tuberkulosis dengan persentase sanitasi layak

Scatterplot pada gambar 4.3 menunjukkan garis mementang dari kiri bawah ke kanan atas. Garis tersebut menandakan hubungan linier positif antara persentase sanitasi layak (X_2) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y). Artinya, secara umum, peningkatan persentase sanitasi layak menyebabkan persentase kasus tuberkulosis meningkat. Hubungan antara persentase sanitasi layak (X_2) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y) searah.



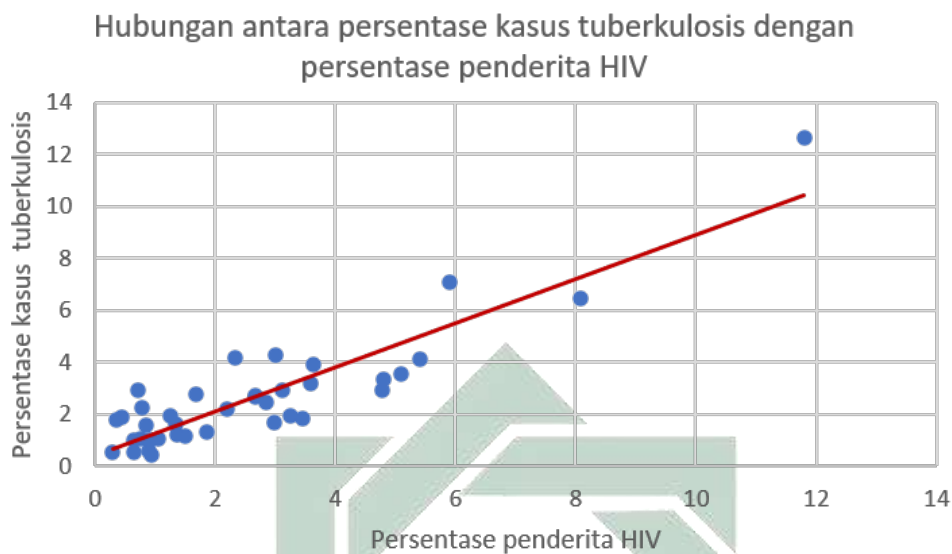
Gambar 4.4 Scatterplot antara persentase kasus tuberkulosis dengan persentase rumah tangga dengan bahan bakar utama memasak kayu

Scatterplot pada gambar 4.4 menunjukkan garis membentang dari kiri atas ke kanan bawah. Garis tersebut menandakan hubungan linier negatif antara persentase rumah tangga dengan bahan bakar utama memasak kayu (X_3) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y). Artinya, secara umum, daerah dengan persentase rumah tangga dengan bahan bakar utama memasak kayu yang lebih tinggi cenderung memiliki persentase kasus tuberkulosis yang sedikit lebih rendah. Hubungan antara persentase rumah tangga dengan bahan bakar utama memasak kayu (X_3) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y) saling berlawanan.



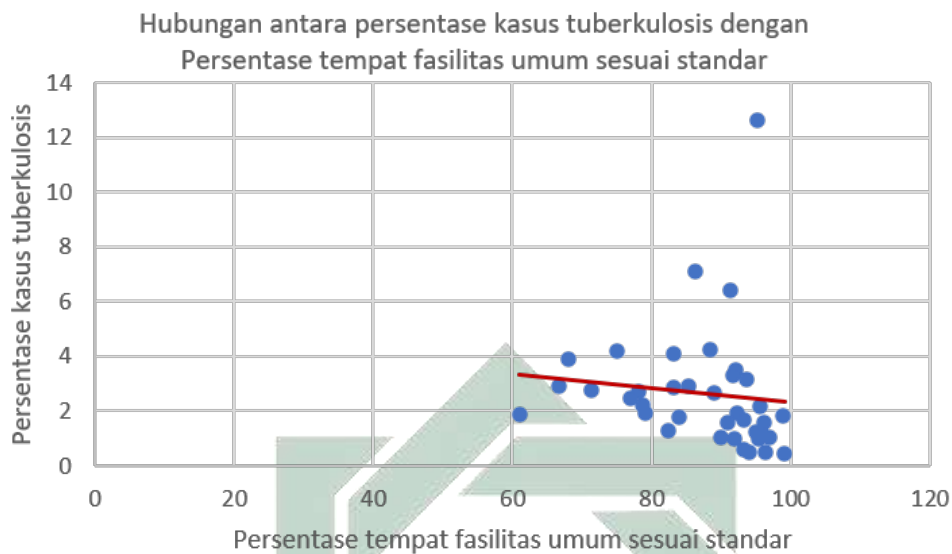
Gambar 4.5 Scatterplot antara persentase kasus tuberkulosis dengan persentase bayi mendapatkan imunisasi BCG

Scatterplot pada gambar 4.5 menunjukkan garis membentang dari kiri atas ke kanan bawah. Garis tersebut menandakan hubungan linier negatif antara persentase bayi mendapatkan imunisasi BCG (X_4) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y). Artinya, secara umum, daerah dengan persentase bayi mendapatkan imunisasi BCG yang lebih tinggi cenderung memiliki persentase kasus tuberkulosis yang sedikit lebih rendah. Hubungan antara persentase persentase bayi mendapatkan imunisasi BCG (X_4) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y) saling berlawanan.



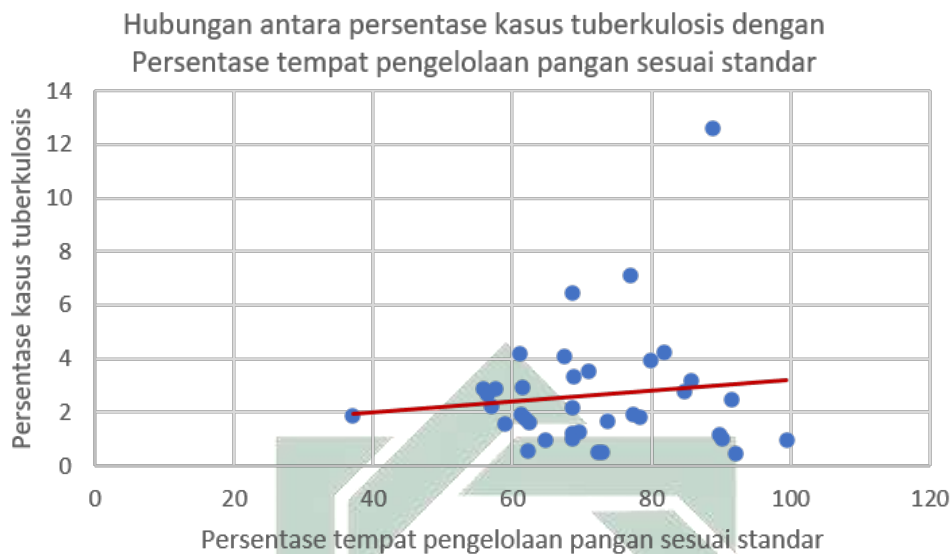
Gambar 4.6 Scatterplot antara persentase kasus tuberkulosis dengan persentase penderita HIV

Scatterplot pada gambar 4.6 menunjukkan garis membentang dari kiri bawah ke kanan atas. Garis tersebut menandakan hubungan linier positif antara persentase penderita HIV (X_5) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y). Artinya, secara umum, peningkatan persentase penderita HIV menyebabkan persentase kasus tuberkulosis meningkat. Hubungan antara persentase penderita HIV (X_5) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y) searah.



Gambar 4.7 Scatterplot antara persentase kasus tuberkulosis dengan persentase fasilitas umum sesuai standar

Scatterplot pada gambar 4.7 menunjukkan garis membentang dari kiri atas ke kanan bawah. Garis tersebut menandakan hubungan linier negatif antara persentase fasilitas umum sesuai standar (X_6) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y). Artinya, secara umum, daerah dengan persentase fasilitas umum sesuai standar yang lebih tinggi cenderung memiliki persentase kasus tuberkulosis yang sedikit lebih rendah. Hubungan antara persentase persentase fasilitas umum sesuai standar (X_6) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y) saling berlawanan.



Gambar 4.8 Scatterplot antara persentase kasus tuberkulosis dengan persentase tempat pengelolaan pangan sesuai standart

Scatterplot pada gambar 4.8 menunjukkan garis membentang dari kiri bawah ke kanan atas. Garis tersebut menandakan hubungan linier positif antara tempat pengelolaan pangan sesuai standart (X_7) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y). Artinya, secara umum, peningkatan persentase tempat pengelolaan pangan sesuai standart menyebabkan persentase kasus tuberkulosis meningkat. Hubungan antara persentase tempat pengelolaan pangan sesuai standart (X_7) dengan persentase kasus tuberkulosis (Y) searah.

4.4. Multikolinearitas

Multikolinearitas merujuk pada hubungan yang sangat kuat antara variabel independen dalam model regresi. Untuk mengukur tingkat multikolinearitas, biasanya digunakan Variance Inflation Factor (VIF) dengan persamaan 2.4, dimana r dikuadratkan didapat dari persamaan 2.5. Apabila nilai $VIF > 10$ dikatakan terjadi multikolinearitas pada data. Adapun salah satu perhitungan nilai pada

variabel (X_1), dimana variabel (X_1) sebagai variabel respon sedangkan variabel X_2 , X_3 , X_4 , X_5 , X_6 , X_7 sebagai prediktor yang kemudian diregresikan, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} VIF_{X_1} &= \frac{1}{1 - 0,32} \\ &= \frac{1}{0,68} \\ &= 3,11 \end{aligned}$$

Berikut ini ditampilkan tabel yang memuat nilai VIF untuk setiap variabel prediktor dalam model.

Tabel 4.2 Tabel Deteksi Multikolinearitas

| Variabel | Nilai VIF |
|----------|-----------|
| X_1 | 3,11 |
| X_2 | 2,30 |
| X_3 | 1,74 |
| X_4 | 1,48 |
| X_5 | 1,27 |
| X_6 | 1,99 |
| X_7 | 1,50 |

Berdasarkan tabel 4.2 nilai VIF pada tiap variabel prediktor di bawah 10, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat masalah multikolinearitas yang signifikan di antara variabel-variabel tersebut.

4.5. Regresi Linier Berganda

Pemodelan kasus tuberkulosis di Jawa Timur dilakukan dengan pendekatan regresi linear, bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan atau pengaruh antara variabel prediktor dan kejadian tuberkulosis. Proses pemodelan ini melibatkan langkah-langkah yang diterapkan menggunakan regresi linear, di mana variabel

prediktor mencakup faktor-faktor yang berpotensi mempengaruhi angka kejadian, sementara variabel respon mencerminkan jumlah kasus tuberkulosis yang terdeteksi.

4.5.1. Estimasi Parameter Regresi Linier Berganda

Estimasi parameter regresi untuk kasus tuberkulosis di Jawa Timur dilakukan menggunakan metode OLS (*Ordinary Least Squares*) dengan menggunakan persamaan 2.8. Untuk menghitung parameter regresi, dilakukan dengan meminimalkan jumlah kuadrat selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual. Proses ini menghasilkan estimasi parameter yang menggambarkan hubungan antara variabel prediktor dan angka kejadian tuberkulosis. Perhitungan sebagai berikut:

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 13,65 & 77,45 & \dots & 0,30 & 94,00 & 72,32 \\ 1 & 9,53 & 89,79 & \dots & 1,34 & 90,98 & 62,36 \\ 1 & 10,63 & 81,28 & \dots & 0,90 & 93,28 & 62,16 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 4,74 & 98,18 & \dots & 1,50 & 95,71 & 89,73 \\ 1 & 4,65 & 97,81 & \dots & 11,81 & 95,12 & 88,87 \\ 1 & 3,31 & 95,06 & \dots & 0,65 & 96,38 & 72,89 \end{bmatrix}_{38 \times 8}$$

$$\mathbf{X}^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \cdots & 1 & 1 & 1 \\ 13,65 & 9,53 & 10,63 & \cdots & 4,74 & 4,65 & 3,31 \\ 77,45 & 89,79 & 81,28 & \cdots & 98,18 & 97,81 & 95,06 \\ 66,54 & 27,33 & 40,18 & \cdots & 0,65 & 0 & 0,16 \\ 98,12 & 99,09 & 98,64 & \cdots & 97,98 & 94,26 & 98,51 \\ 0,30 & 1,34 & 0,90 & \cdots & 1,50 & 11,81 & 0,65 \\ 94,00 & 90,98 & 93,28 & \cdots & 95,71 & 95,12 & 96,38 \\ 72,32 & 62,36 & 62,16 & \cdots & 89,73 & 88,87 & 72,89 \end{bmatrix}_{8 \times 38}$$

$$\mathbf{X}^T \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 38 & 391,12 & \cdots & 3315,89 & 2700,81 \\ 391,12 & 4716,58 & \cdots & 33185,39 & 26668,47 \\ 3214,31 & 31915,58 & \cdots & 281971,85 & 230767,27 \\ 438,62 & 5281,70 & \cdots & 38561,79 & 29368,74 \\ 3575,97 & 36652,89 & \cdots & 312503,16 & 254661,30 \\ 100 & 889,71 & \cdots & 8796,69 & 7296,22 \\ 3315,89 & 33185,39 & \cdots & 292781,24 & 237503,12 \\ 2700,81 & 26668,48 & \cdots & 237503,12 & 198334,84 \end{bmatrix}_{8 \times 8}$$

$$(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} = \begin{bmatrix} 25,71 & -1,67 \times 10^{-1} & \dots & -3,966 \times 10^{-2} & -3,590 \times 10^{-3} \\ -1,67 \times 10^{-1} & 4,50 \times 10^{-3} & \dots & 8,763 \times 10^{-4} & 2,697 \times 10^{-4} \\ -2,56 \times 10^{-4} & 5,05 \times 10^{-4} & \dots & -2,98673 \times 10^{-6} & 8,43756 \times 10^{-6} \\ 1,92 \times 10^{-2} & -1,76 \times 10^{-4} & \dots & -1,19097 \times 10^{-4} & 4,04203 \times 10^{-5} \\ -2,14 \times 10^{-1} & -2,24 \times 10^{-4} & \dots & -1,74784 \times 10^{-4} & -1,45908 \times 10^{-4} \\ -1,13 \times 10^{-1} & 2,06 \times 10^{-3} & \dots & 2,82182 \times 10^{-4} & 2,29422 \times 10^{-6} \\ -3,97 \times 10^{-2} & 8,76 \times 10^{-4} & \dots & 5,81448 \times 10^{-4} & -3,87583 \times 10^{-5} \\ -3,59 \times 10^{-3} & 2,70 \times 10^{-4} & \dots & -3,87583 \times 10^{-5} & 2,35535 \times 10^{-4} \end{bmatrix}_{8 \times 8}$$

$$\mathbf{X}^T \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 \\ 13,65 & 9,53 & 10,63 & \dots & 4,74 & 4,65 & 3,31 \\ 77,45 & 89,79 & 81,28 & \dots & 98,18 & 97,81 & 95,06 \\ 66,54 & 27,33 & 40,18 & \dots & 0,65 & 0 & 0,16 \\ 98,12 & 99,09 & 98,64 & \dots & 97,98 & 94,26 & 98,51 \\ 0,30 & 1,34 & 0,90 & \dots & 1,50 & 11,81 & 0,65 \\ 94,00 & 90,98 & 93,28 & \dots & 95,71 & 95,12 & 96,38 \\ 72,32 & 62,36 & 62,16 & \dots & 89,73 & 88,87 & 72,89 \end{bmatrix}_{8 \times 38} \begin{bmatrix} 0,50 \\ 1,59 \\ 0,57 \\ 1,81 \\ \vdots \\ 1,02 \\ 1,17 \\ 12,62 \\ 0,50 \end{bmatrix}_{38 \times 1}$$

$$\mathbf{X}^T\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 100 \\ 970,20 \\ 8536,44 \\ 863,88 \\ 9380,87 \\ 439,85 \\ 8636,94 \\ 7240,72 \end{bmatrix}_{8 \times 1}$$

Setelah perhitungan dilakukan, diperoleh hasil estimasi parameter model yang sesuai dengan persamaan 2.8 :

$$(\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} -3,61 \\ 0,15 \\ 0,02 \\ -0,02 \\ 0,02 \\ 0,92 \\ -0,02 \\ 0,01 \end{bmatrix}_{8 \times 1}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh model regresi linear sebagai berikut:

$$\hat{Y} = -3,61 + 0,15X_1 + 0,02X_2 - 0,02X_3 + 0,02X_4 + 0,92X_5 - 0,02X_6 + 0,01X_7$$

Hasil regresi menunjukkan bahwa persentase penduduk miskin (X_1) memiliki pengaruh positif terhadap kasus tuberkulosis (y) dengan koefisien sebesar 0,15. Artinya, setiap peningkatan 1% dalam persentase penduduk miskin akan meningkatkan kasus tuberkulosis sebesar 0,15 kasus, dengan asumsi faktor lain tetap konstan. Sebaliknya, persentase rumah tangga yang menggunakan kayu sebagai bahan bakar utama memasak (X_3) memiliki pengaruh negatif terhadap kasus tuberkulosis, dengan koefisien sebesar $-0,02$. Ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan 1% dalam rumah tangga yang menggunakan kayu untuk memasak justru mengurangi kasus tuberkulosis sebesar 0,02 kasus, dengan asumsi variabel lain tetap konstan. Model yang dihasilkan tersebut masih bersifat umum dan belum mengidentifikasi variabel mana yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kasus Tuberkulosis. Oleh karena itu, dilakukan pengujian terhadap parameter, baik secara serentak maupun parsial, dengan menggunakan tingkat signifikansi sebesar 0,05.

4.5.2. Uji Serentak

Pengujian parameter secara simultan dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon (Y). Uji parameter regresi secara serentak melibatkan tabel ANOVA (2.1) untuk menentukan signifikansi model. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

$$H_0: \beta_p = 0, p = 1, 2, \dots, 7$$

$$H_1: \beta_p \neq 0, p = 1, 2, \dots, 7$$

Perhitungan dilakukan dengan merujuk pada rumus yang terdapat dalam Tabel 2.1

sebagai berikut:

$$\begin{aligned}df_{Regresi} &= k \\ &= 7\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}df_{Residual} &= n - k - 1 \\ &= 38 - 7 - 1 \\ &= 30\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}df_{Total} &= n - 1 \\ &= 38 - 1 \\ &= 37\end{aligned}$$

Selanjutnya, akan dilakukan perhitungan untuk SSR (Jumlah Kuadrat Regresi), SSE (Jumlah Kuadrat Error), SST (Jumlah Kuadrat Total), MSR (Rataan Kuadrat Regresi), dan MSE (Rataan Kuadrat Error), serta F hitung dan p-value, yang digunakan untuk mengukur kecocokan model regresi dengan data yang tersedia.

$$\begin{aligned}SSR &= (\hat{Y}_{Pacitan} - \bar{Y})^2 + (\hat{Y}_{Ponorogo} - \bar{Y})^2 + \dots + (\hat{Y}_{KotaBatu} - \bar{Y})^2 \\ &= (-0,15 - 2,63)^2 + (1,06 - 2,63)^2 + \dots + (0,06 - 2,63)^2 \\ &= (-2,78)^2 + (-1,57)^2 + \dots + (-2,57)^2 \\ &= (7,74) + (2,48) + \dots + (6,61) \\ &= 163,65\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SSE &= (Y_{Pacitan} - \hat{Y})^2 + (Y_{Ponorogo} - \hat{Y})^2 + \dots + (Y_{KotaBatu} - \hat{Y})^2 \\
&= (0,50 - (-0,15))^2 + (1,59 - 1,06)^2 + \dots + (0,50 - 0,06)^2 \\
&= (0,65)^2 + (0,53)^2 + \dots + (0,65)^2 \\
&= (0,42) + (0,28) + \dots + (0,19) \\
&= 22,41
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SST &= (Y_{Pacitan} - \bar{Y})^2 + (Y_{Ponorogo} - \bar{Y})^2 + \dots + (Y_{KotaBatu} - \bar{Y})^2 \\
&= (0,50 - 2,63)^2 + (1,59 - 2,63)^2 + \dots + (0,50 - 2,63)^2 \\
&= (-2,13)^2 + (-1,04)^2 + \dots + (-2,13)^2 \\
&= (4,54) + (1,09) + \dots + (4,54) \\
&= 186,05
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
MSR &= \frac{SSR}{k} \\
&= \frac{163,65}{7} \\
&= 23,38
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
MSE &= \frac{SSE}{n - k - 1} \\
&= \frac{22,41}{30} \\
&= 0,75
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{hitung} &= \frac{MSR}{MSE} \\
 &= \frac{23,38}{0,75} \\
 &= 31,30
 \end{aligned}$$

Diketahui :

$$F_{hitung} = 31,30$$

$$df_1 = 7$$

$$df_2 = 30$$

$$\alpha_1(p\text{-value}) = 0,05 \implies F_1(y_1) = 2,33$$

$$\alpha(p\text{-value}) = x \implies F(y) = 31,30 \quad \alpha_2 = 0,01 \implies F_2(y_2) = 3,30$$

Dengan menggunakan cara interpolasi, didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} &= \frac{x - \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} \\
 \frac{31,30 - 2,33}{3,30 - 2,33} &= \frac{x - 0,05}{0,01 - 0,05} \\
 \frac{28,97}{0,97} &= \frac{x - 0,05}{-0,04}
 \end{aligned}$$

$$28,97 \times (-0,04) = 0,97 \times (x - 0,05)$$

$$-1,16 = 0,97x - 0,05$$

$$-1,16 + 0,05 = 0,97x$$

$$-1,11 = 0,97x$$

$$\frac{0,01068}{0,92} = x$$

$$0,011 = x \implies p\text{-value} = 0,011$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, ringkasan hasil analisis disajikan dalam tabel ANOVA berikut.

Tabel 4.3 Hasil Analisis Varians (ANOVA) untuk Model Regresi

| Varians | df | Jumlah Kuadrat | Rataan Kuadrat | F_{hitung} | p -value |
|----------|----|----------------|----------------|--------------|-------------------------|
| Regresi | 7 | 163,65 | 23,38 | 31,30 | 4.159×10^{-12} |
| Residual | 30 | 22,41 | 0,75 | | |
| Total | 37 | 186,06 | | | |

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa model regresi secara keseluruhan signifikan pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Hal ini terlihat dari p -value sebesar $4,159 \times 10^{-12}$, yang jauh lebih kecil dari 0,05. Dengan demikian, tolak hipotesis nol (H_0), artinya variabel-variabel prediktor dalam model memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon, sehingga model ini dapat menjelaskan variasi pada variabel respon dengan baik.

4.5.3. Uji Parsial

Uji parameter dilakukan tidak hanya secara serentak, tetapi juga secara individu menggunakan persamaan uji t pada persamaan 2.11. Pendekatan ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing variabel prediktor terhadap variabel respon (Y) secara lebih terperinci, sehingga memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kontribusi setiap variabel prediktor. Hasil pengujian disajikan dalam tabel di bawah ini dengan hipotesis pengujian yaitu :

$$H_0: \beta_p = 0, \quad p = 1, 2, \dots, 7$$

$$H_1: \text{Setidaknya ada satu } \beta_p \neq 0, \quad p = 1, 2, \dots, 7$$

Tabel 4.4 Tabel Uji Parsial

| Variabel | t-hitung | p-value | Kesimpulan |
|----------|----------|------------------------|------------------|
| X_1 | 2,633 | 0,013 | Signifikan |
| X_2 | 1,172 | 0,250 | Tidak Signifikan |
| X_3 | -1,252 | 0,220 | Tidak Signifikan |
| X_4 | 0,332 | 0,742 | Tidak Signifikan |
| X_5 | 13,699 | $1,91 \times 10^{-14}$ | Signifikan |
| X_6 | -0,928 | 0,3607 | Tidak Signifikan |
| X_7 | 0,947 | 0,3511 | Tidak Signifikan |

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa X_1 (persentase penduduk miskin) dan X_5 (persentase penderita HIV) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon, karena keduanya memiliki p -value yang lebih kecil dari 0,05 yaitu untuk X_1 sebesar 0,01 dan untuk X_5 sebesar $1,91 \times 10^{-14}$. Berdasarkan nilai t -tabel pada Lampiran 1.3 $\alpha = 0,025$ dengan derajat kebebasan (df) = 30, yang sebesar 2.042, maka variabel X_1 dan X_5 diterima karena t -hitung-nya untuk X_1 sebesar 2,633 dan untuk X_5 sebesar 13,699 dimana lebih besar dari t -tabel. Oleh karena itu, hipotesis nol (H_0) yang menyatakan bahwa variabel-variabel tersebut tidak memiliki pengaruh terhadap variabel respon dapat ditolak. Di sisi lain, variabel X_2 (persentase sanitasi layak), X_3 (persentase rumah tangga dengan bahan bakar utama untuk memasak kayu), X_4 (persentase bayi mendapatkan imunisasi BCG), X_6 (persentase tempat fasilitas umum sesuai standar), dan X_7 (persentase tempat pengelolaan pangan sesuai standar) tidak signifikan, karena p -value lebih besar dari 0,05 dan t -hitung-nya lebih kecil dari t -tabel, sehingga hipotesis nol (H_0) tidak dapat ditolak untuk variabel-variabel ini. Namun demikian, variabel-variabel ini tetap dipertahankan dalam model karena mungkin memiliki pengaruh global

terhadap variabel respon.

4.5.4. Uji Asumsi Residual

Uji asumsi residual penting untuk memastikan estimasi parameter tidak bias dan validitas model terjamin. Asumsi yang diuji meliputi autokorelasi, normalitas, dan identitas residual. Hal ini mendukung keandalan model dalam penelitian.

Uji Normalitas

Uji normalitas memastikan data terdistribusi normal. Pengujian ini menggunakan *shapiro-Wilk* untuk data < 50 . Hipotesis yang digunakan untuk pengujian yaitu :

H_0 : Data residual mengikuti pola distribusi normal.

H_1 : Data residual tidak mengikuti pola distribusi normal.

Berdasarkan persamaan 2.13, perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{(\sum_{i=1}^{38} A_i \cdot \varepsilon_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2} \\
 &= \frac{((0,40 \times (1,83 - (-1,51))) + \dots + (0,005 \times (-0,08 - (-0,09))))^2}{(-1,51)^2 + (-1,10)^2 + \dots + (1,83)^2} \\
 &= \frac{21,93}{22,40} \\
 &= 0,98
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, ringkasan hasil analisis disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.5 Tabel Uji Normalitas

| p-value | W-hitung | W-tabel |
|---------|----------|---------|
| 0,72 | 0,98 | 0,94 |

Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan W_{hitung} sebesar 0,98 dimana lebih dari W_{tabel} pada Lampiran 1.5 sebesar 0,94 dan $P_{value} = 0,72$ lebih dari alpha 0,5 sehingga dapat disimpulkan terima H_0 atau residual mengikuti pola distribusi normal.

Uji Independen

Uji residual independen atau autokorelasi bertujuan menguji ketidaksesuaian residual antarobservasi dalam regresi. Uji ini dilakukan menggunakan nilai Durbin-Watson dari persamaan 2.12 yang dibandingkan dengan nilai pada tabel Durbin-Watson. Hipotesis yang digunakan yaitu :

H_0 :Autokorelasi tidak terdeteksi dalam data

H_1 :Autokorelasi terdeteksi dalam data

Berdasarkan persamaan 2.12, perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 DW &= \frac{\sum_{i=1}^{38} (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^{38} e_i^2} \\
 &= \frac{((0,65 - 0)^2 + (0,53 - 0,65)^2 + \dots + (0,43 - 1,83)^2)}{(0,65)^2 + (0,53)^2 + \dots + (0,43)^2} \\
 &= \frac{44,63}{22,41} \\
 &= 1,99
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, ringkasan hasil analisis disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.6 Tabel Uji autokorelasi

| Dw | D_L | D_U |
|------|-------|-------|
| 1,99 | 1,09 | 1,94 |

Berdasarkan Tabel 4.6 didapatkan nilai berdasarkan Lampiran 1.6

$DW = 1,99$, $D_L = 1,09$, dan $D_U = 1,94$ menunjukkan bahwa nilai DW lebih besar dari D_U ($1,99 > 1,94$). Hal ini mengindikasikan bahwa tidak ada masalah autokorelasi positif dalam model regresi ini, karena nilai DW berada di luar batas D_U . Artinya, residual model regresi ini tidak menunjukkan pola ketergantungan yang signifikan antar observasi, yang berarti bahwa nilai kesalahan atau residual pada suatu observasi tidak dipengaruhi oleh nilai kesalahan pada observasi sebelumnya, sehingga, asumsi independensi residual dalam model regresi ini terpenuhi.

Uji Identik

Asumsi identik mengharuskan varians residual seragam. Jika varians tidak sama, dapat terjadi heteroskedastisitas. Salah satu metode untuk mendeteksi heteroskedastisitas adalah uji Glejser. Hipotesis yang digunakan yaitu :

$$H_0 : \sigma_p^2 = 0 \text{ (variens error seragam)}$$

$$H_1 : \text{Minimal ada satu } \sigma_p^2 \neq 0 \text{ (variens error tidak seragam)}$$

Berdasarkan persamaan 2.14, perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_{\text{hitung}} &= \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{\varepsilon}_i - \bar{\varepsilon})^2}{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \hat{\varepsilon})^2} \\ &= \frac{(-0,05-0,59)^2 + (0,19-0,59)^2 + \dots + (0,05-0,59)^2}{7} \\ &= \frac{(0,42-(-0,05))^2 + (0,28-0,19)^2 + \dots + (0,19-0,04)^2}{30} \\ &= \frac{8,83}{7} \\ &= \frac{14,34}{30} \\ &= \frac{1,26}{0,48} \\ &= 2,64 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, ringkasan hasil analisis disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.7 Tabel Uji residual identik

| df_1, df_2 | F_{hitung} | F_{tabel} | P_{value} |
|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 7,30 | 2,64 | 2,42 | 0,03 |

Keputusan uji Glejser dilakukan untuk mendeteksi adanya heteroskedastisitas dalam data. Dalam pengujian ini, nilai $F_{hitung} = 2,64$ pada Lampiran 1.2, sementara nilai $F(0.05; 7; 30)$ atau F_{tabel} pada tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$ dengan derajat kebebasan pembilang ($df_1 = 7$) dan penyebut ($df_2 = 30$) adalah 2,42. Selain itu, p-value dari uji ini adalah 0.003. Berdasarkan kriteria pengujian, jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau p-value $< \alpha$, maka hipotesis nol (H_0) yang menyatakan bahwa tidak ada heteroskedastisitas dalam data ditolak. Karena nilai $F_{hitung} 2,64 > F_{tabel} 2,42$ dan p-value $0.003 < 0.05$, maka dapat disimpulkan bahwa data terdeteksi adanya variasi residual (heteroskedastisitas). Dengan demikian, model regresi tidak memenuhi asumsi homoskedastisitas.

Berdasarkan pengujian asumsi residual di atas, dapat disimpulkan bahwa residual dalam model regresi memenuhi asumsi normalitas dan independensi, tetapi tidak memenuhi asumsi homoskedastisitas. Dengan adanya heteroskedastisitas, model regresi linier global mungkin kurang sesuai untuk menggambarkan hubungan antar variabel dalam penelitian ini. Oleh karena itu, perlu metode yang mempertimbangkan aspek spasial.

4.6. Uji Heterogenitas Spasial

Pada analisis model GWR, penting untuk memperhatikan adanya heterogenitas spasial, yang menunjukkan perbedaan hubungan model antar lokasi. Identifikasi heterogenitas ini dilakukan dengan uji Breusch-Pagan (BP) pada persamaan 2.15, mengingat setiap lokasi memiliki karakteristik geografis, potensi wilayah, dan kondisi sosial budaya yang berbeda. Hipotesis dalam pengujian ini yaitu:

$H_0 : \sigma_p^2 = 0$ tidak ditemukan keragaman spasial

$H_1 : \sigma_p^2 \neq 0$ ditemukan keragaman spasial

Hasil uji heterogenitas spasial pada Tabel 4.8 menunjukkan bahwa nilai

Tabel 4.8 Hasil Uji Breusch-Pagan untuk Heterogenitas Spasial

| Uji | Breusch-Pagan | p-value |
|-----------------------|---------------|---------|
| Heterogenitas Spasial | 14,48 | 0,04 |

Breusch-Pagan (BP) adalah 14,48, dengan p-value sebesar 0,04. Berdasarkan hasil ini, hipotesis nol (H_0) yang menyatakan tidak adanya heterogenitas spasial dapat ditolak, karena nilai BP lebih besar dari $\chi_{0.05;7}^2 = 14,02$ pada Lampiran 1.7 atau p-value lebih kecil dari $\alpha = 0.05$. Dengan demikian, terdapat indikasi heterogenitas spasial dalam model ini. Hasil ini juga konsisten dengan uji asumsi residual pada model regresi yang menunjukkan bahwa meskipun residual berdistribusi normal dan tidak terdeteksi adanya autokorelasi, heteroskedastisitas residual tetap terdeteksi. Oleh karena itu, model regresi tidak sepenuhnya cukup untuk menggambarkan fenomena yang ada, dan pendekatan yang lebih kompleks yang mempertimbangkan efek spasial, seperti model GWR (*Geographically Weighted Regression*), perlu dipertimbangkan untuk analisis lebih lanjut.

4.7. *Geographically Weighted Regression*

Hasil analisis menunjukkan adanya variasi signifikan pada faktor-faktor yang mempengaruhi kasus tuberkulosis di Jawa Timur. Variasi ini terlihat jelas antar Kabupaten/Kota, yang menandakan bahwa faktor-faktor penyebab kasus tuberkulosis tidak seragam di seluruh wilayah. Temuan ini diperkuat oleh uji efek spasial pada Tabel 4.8 yang menunjukkan adanya pengaruh spasial dalam distribusi kasus. Oleh karena itu, langkah selanjutnya adalah menggunakan model *Geographically Weighted Regression* (GWR) untuk menangkap pengaruh lokal yang berbeda-beda di setiap daerah.

4.7.1. Jarak Euclidean

Langkah pertama dalam membangun model GWR adalah menghitung jarak Euclidean, yang digunakan untuk menentukan nilai matriks pembobot. Jarak Euclidean dihitung berdasarkan koordinat geografis, yaitu garis lintang dan garis bujur, untuk mengukur sejauh mana setiap lokasi berhubungan dengan lokasi lainnya dalam konteks distribusi spasial data. Berdasarkan persamaan 2.12 perhitungan jarak euclidean menggunakan data bujur (u) dan lintang (v), contoh perhitungan jarak euclidean lokasi satu yaitu Kabupaten Pacitan dengan lokasi dua yaitu Kabupaten Ponorogo sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d_{12} &= \sqrt{((-8, 20) - (-7, 87))^2 + (111, 10 - 111, 46)^2} \\
 &= \sqrt{(-0, 33)^2 + (-0, 36)^2} \\
 &= \sqrt{0, 24} \\
 &= 0, 49
 \end{aligned}$$

Nilai $d_{12} = 0,49$ menunjukkan bahwa Kabupaten Pacitan dan Kabupaten Ponorogo memiliki jarak geografis sekitar 0,49 satuan. Perhitungan ini menghasilkan matriks jarak dengan ukuran 38×38 , yang merepresentasikan jarak Euclidean antara seluruh titik dalam dataset. Matriks ini digunakan sebagai dasar dalam proses pembobotan spasial. Informasi lengkap mengenai hasil perhitungan jarak dapat dilihat pada lampiran 1.8.

$$d_{ij} = \begin{bmatrix} d_{1,1} & d_{2,1} & \cdots & d_{38,1} \\ d_{1,2} & d_{2,2} & \cdots & d_{38,2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{1,38} & d_{2,38} & \cdots & d_{38,38} \end{bmatrix}_{38 \times 38} = \begin{bmatrix} 0 & 0,49 & \cdots & 1,46 \\ 0,49 & 0 & \cdots & 1,06 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1,46 & 1,06 & \cdots & 0 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

4.7.2. Bandwith Optimum

Bandwidth terbaik dipilih berdasarkan nilai Cross Validation (CV) terkecil, yang menunjukkan kemampuan model dalam menyesuaikan data secara optimal. Pemilihan bandwidth sangat penting karena nilai ini memengaruhi hasil analisis dengan mengontrol cakupan pengaruh data di sekitar titik tertentu. Selain itu, jenis kernel yang digunakan, baik adaptive maupun fixed, juga memainkan peran dalam menentukan efektivitas fungsi pembobot yang dihasilkan. Beberapa jenis kernel yang sering digunakan adalah Adaptive Gaussian, Adaptive Bisquare, Adaptive Tricube, Fixed Gaussian, Fixed Bisquare, dan Fixed Tricube. Kombinasi bandwidth dan kernel yang tepat akan menghasilkan model yang lebih akurat dan sesuai dengan karakteristik data.

Tabel 4.9 Tabel Bandwidth Optimum

| Kernel | CV |
|--------------------|--------|
| Adaptive Gaussian | 30,10* |
| Fixed Gaussian | 34,34 |
| Adaptive Bi-square | 31,37 |
| Fixed Bi-square | 35,67 |
| Adaptive Tricube | 31,66 |
| Fixed Tricube | 36,40 |

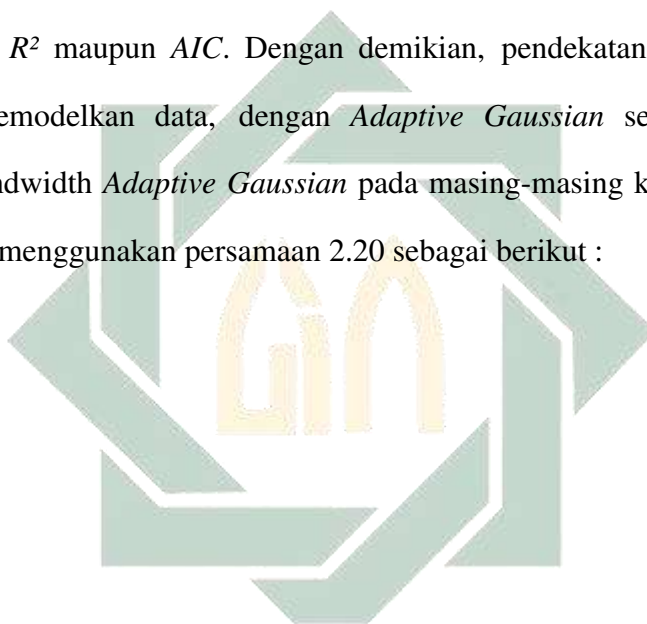
Hasil tabel 4.9 menunjukkan bahwa kernel *Adaptive Gaussian* memiliki nilai CV terendah sebesar 30,10, menjadikannya yang paling optimal. Secara umum, kernel adaptif (seperti *Adaptive Gaussian*, *Bi-square*, dan *Tricube*) memberikan hasil lebih baik dibandingkan kernel tetap (*Fixed Gaussian*, *Bi-square*, dan *Tricube*), yang terlihat dari nilai CV yang lebih rendah. Kernel dengan nilai CV tertinggi adalah *Fixed Tricube* sebesar 36,40, yang menunjukkan performa paling rendah. Jadi, pendekatan adaptif lebih efektif dalam menangkap keragaman data, dengan *Adaptive Gaussian* sebagai pilihan terbaik. Selain menentukan pembobot menggunakan nilai CV, pembobotan juga dapat dilakukan dengan mempertimbangkan hasil perhitungan R^2 dan AIC . Berikut adalah hasil perhitungan R^2 dan AIC untuk masing-masing kernel, yang dapat digunakan untuk menentukan pembobot yang paling optimal.

Hasil pada tabel 4.10 menunjukkan bahwa kernel *Adaptive Gaussian* memberikan nilai R^2 tertinggi (96.25) dan AIC terendah (64.64), menjadikannya sebagai pilihan terbaik berdasarkan kedua pengukuran tersebut. Kernel *Adaptive Gaussian* memiliki performa yang lebih baik dibandingkan kernel lainnya, baik

Tabel 4.10 Tabel Fungsi Kernel Optimum

| Fungsi Kernel | R square | AIC |
|--------------------|----------|--------|
| Adaptive Gaussian | 96.25* | 64.64* |
| Fixed Gaussian | 95.25 | 71.37 |
| Adaptive Bi-square | 96.21 | 64.79 |
| Fixed Bi-square | 93.31 | 79.65 |
| Adaptive Tricube | 95.90 | 67.10 |
| Fixed Tricube | 92.71 | 81.91 |

berdasarkan nilai R^2 maupun AIC . Dengan demikian, pendekatan adaptif lebih efektif dalam memodelkan data, dengan *Adaptive Gaussian* sebagai pilihan terbaik. Nilai bandwidth *Adaptive Gaussian* pada masing-masing kabupaten/kota diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.20 sebagai berikut :



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Tabel 4.11 Nilai bandwidth *Adaptive Gaussian* pada masing-masing kabupaten/kota

| No | Provinsi | Bandwidth (h_i) | No | Provinsi | Bandwidth (h_i) |
|----|-------------|---------------------|----|------------------|---------------------|
| 1 | Pacitan | 0,73 | 20 | Magetan | 0,58 |
| 2 | Ponorogo | 0,45 | 21 | Ngawi | 0,58 |
| 3 | Trenggalek | 0,36 | 22 | Bojonegoro | 0,58 |
| 4 | Tulungagung | 0,34 | 23 | Tuban | 0,69 |
| 5 | Blitar | 0,36 | 24 | Lamongan | 0,38 |
| 6 | Kediri | 0,29 | 25 | Gresik | 0,37 |
| 7 | Malang | 0,48 | 26 | Bangkalan | 0,54 |
| 8 | Lumajang | 0,59 | 27 | Sampang | 0,72 |
| 9 | Jember | 0,65 | 28 | Pamekasan | 0,74 |
| 10 | Banyuwangi | 1,22 | 29 | Sumenep | 0,76 |
| 11 | Bondowoso | 0,65 | 30 | Kota Kediri | 0,31 |
| 12 | Situbondo | 0,75 | 31 | Kota Blitar | 0,35 |
| 13 | Probolinggo | 0,61 | 32 | Kota Malang | 0,47 |
| 14 | Pasuruan | 0,41 | 33 | Kota Probolinggo | 0,59 |
| 15 | Sidoarjo | 0,29 | 34 | Kota Pasuruan | 0,41 |
| 16 | Mojokerto | 0,36 | 35 | Kota Mojokerto | 0,36 |
| 17 | Jombang | 0,45 | 36 | Kota Madiun | 0,43 |
| 18 | Nganjuk | 0,42 | 37 | Kota Surabaya | 0,35 |
| 19 | Madiun | 0,46 | 38 | Kota Batu | 0,42 |

Pembobotan dengan menggunakan fungsi adaptive gaussian dihitung berdasarkan jarak Euclidean dan bandwidth yang sesuai untuk setiap kabupaten/kota, seperti yang dijelaskan dalam persamaan (2.20). Sebagai contoh,

akan dijelaskan bagaimana matriks pembobot untuk wilayah pertama yang dianalisis, yaitu Kabupaten Pacitan dan Kabupaten Ponorogo. Perhitungan melibatkan jarak euclidian yang sebelumnya sudah dihitung dimana menggunakan data bujur (u) dan lintang (v) pada kedua posisi tersebut.

$$\begin{aligned}
 W_{(u_2,v_1)} &= \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{21}}{h_1}\right)^2\right) \\
 &= \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{0,49}{0,73}\right)^2\right) \\
 &= \exp\left(-\frac{1}{2}(0,67)^2\right) \\
 &= \exp\left(-\frac{1}{2}(0,45)\right) \\
 &= \exp(-0,22) = 0,80
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, hasil dari fungsi pembobot adaptive gaussian ini akan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.12 Pembobot adaptive gaussian pada Kabupaten Pacitan

| | | | | | |
|----|------|------|-----|------|------|
| | 1 | 2 | ... | 37 | 38 |
| 1 | 1 | 0,80 | ... | 0,04 | 0,14 |
| 2 | 0,80 | 1 | ... | 0,16 | 0,35 |
| 3 | 0,59 | 0,84 | ... | 0,27 | 0,62 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 36 | 0,63 | 0,94 | ... | 0,22 | 0,36 |
| 37 | 0,04 | 0,16 | ... | 1 | 0,70 |
| 38 | 0,14 | 0,35 | ... | 0,70 | 1 |

Pada Tabel 4.12 dapat dilihat hasil pembobot adaptive gaussian untuk masing-masing kabupaten/kota, dengan nilai pembobot yang disajikan. Untuk

informasi lebih lengkap, hasil ini dapat dilihat pada Lampiran 1.9. Selanjutnya, untuk membentuk matriks pembobot, contoh perhitungannya akan diberikan menggunakan wilayah pengamatan pertama, yaitu Kabupaten Pacitan yang terletak pada posisi u_1, v_1 . Berdasarkan nilai pembobot adaptive gaussian yang diperoleh, matriks pembobot untuk wilayah Kabupaten Pacitan dapat disusun seperti yang ditampilkan di bawah ini.

$$W_{(u_1, v_1)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0,80 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0,14 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

Setelah matriks pembobot terbentuk, matriks tersebut dapat digunakan untuk melakukan estimasi parameter di Kabupaten Pacitan. Untuk melakukan estimasi pada wilayah lainnya, diperlukan pembuatan matriks pembobot yang sesuai dengan koordinat (u_1, v_1) , sebagaimana yang telah diperlihatkan pada contoh matriks pembobot di Kabupaten Pacitan.

4.7.3. Estimasi Parameter GWR

Estimasi parameter pada model GWR diperoleh menggunakan *Weighted Least Squares* (WLS), dengan menggunakan bobot yang beragam berdasarkan jarak dari titik pusat lokasi pada tiap titik lokasi observasi. Berikut ini disajikan, sebagai contoh, bobot yang disesuaikan untuk mencerminkan pengaruh spasial dari setiap titik observasi terhadap estimasi parameter pada lokasi tertentu, yakni

Kabupaten Pacitan menggunakan adaptive gaussian.

$$\mathbf{X}^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \cdots & 1 & 1 & 1 \\ 13,65 & 9,53 & 10,63 & \cdots & 4,74 & 4,65 & 3,31 \\ 77,45 & 89,79 & 81,28 & \cdots & 98,18 & 97,81 & 95,06 \\ 66,54 & 27,33 & 40,18 & \cdots & 0,65 & 0 & 0,16 \\ 98,12 & 99,09 & 98,64 & \cdots & 97,98 & 94,26 & 98,51 \\ 0,30 & 1,34 & 0,90 & \cdots & 1,50 & 11,81 & 0,65 \\ 94,00 & 90,98 & 93,28 & \cdots & 95,71 & 95,12 & 96,38 \\ 72,32 & 62,36 & 62,16 & \cdots & 89,73 & 88,87 & 72,89 \end{bmatrix}_{8 \times 38}$$

$$\mathbf{X}^T \mathbf{W} = \begin{bmatrix} 1 & 0,80 & 0,59 & \cdots & 0,63 & 0,04 & 0,14 \\ 13,65 & 7,62 & 6,26 & \cdots & 2,97 & 0,18 & 0,45 \\ 77,45 & 71,84 & 47,88 & \cdots & 61,61 & 3,69 & 12,89 \\ 66,54 & 21,87 & 23,67 & \cdots & 0,41 & 0 & 0,02 \\ 98,12 & 79,28 & 58,11 & \cdots & 61,48 & 3,56 & 13,36 \\ 0,30 & 1,07 & 0,53 & \cdots & 0,94 & 0,45 & 0,09 \\ 94,00 & 72,79 & 54,95 & \cdots & 60,06 & 3,59 & 13,07 \\ 72,32 & 49,89 & 36,12 & \cdots & 56,03 & 3,35 & 9,88 \end{bmatrix}_{8 \times 38}$$

$$\mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 8,97 & 88,53 & 796,80 & \dots & 15,52 & 832,43 & 637,52 \\ 88,53 & 953,67 & 7745,98 & \dots & 140,27 & 8191,89 & 6155,28 \\ 796,80 & 7745,98 & 71139,94 & \dots & 1399,15 & 73987,67 & 56815,62 \\ 168,86 & 1971,66 & 14040,05 & \dots & 178,37 & 15714,15 & 11563,48 \\ 867,10 & 8567,19 & 76967,48 & \dots & 1486,56 & 80450,41 & 61593,10 \\ 15,52 & 140,27 & 1399,15 & \dots & 41,91 & 1423,11 & 1120,56 \\ 832,43 & 8191,89 & 73987,67 & \dots & 1423,11 & 77525,29 & 59201,10 \\ 637,52 & 6155,28 & 56815,62 & \dots & 1120,56 & 59201,10 & 46270,60 \end{bmatrix}_{8 \times 8}$$

$$\mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{X}^{-1} = \begin{bmatrix} 389,19 & -1,26 & \dots & -3,37 \times 10^0 & -8,44 \times 10^{-2} \\ -1,26 & 2,77 \times 10^{-2} & \dots & 1,41 \times 10^{-2} & 2,22 \times 10^{-3} \\ -0,77 & 6,07 \times 10^{-3} & \dots & 6,81 \times 10^{-3} & -3,20 \times 10^{-4} \\ -0,09 & -1,30 \times 10^{-4} & \dots & 3,24 \times 10^{-3} & -1,10 \times 10^{-4} \\ -2,76 & 1,92 \times 10^{-3} & \dots & 1,99 \times 10^{-2} & -1,00 \times 10^{-5} \\ -3,37 & 1,41 \times 10^{-2} & \dots & 1,16 \times 10^{-1} & -1,70 \times 10^{-4} \\ -0,30 & 9,10 \times 10^{-4} & \dots & 4,78 \times 10^{-3} & -2,00 \times 10^{-5} \\ -0,08 & 2,22 \times 10^{-3} & \dots & -1,70 \times 10^{-4} & 1,35 \times 10^{-3} \end{bmatrix}_{8 \times 8}$$

$$\mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{y} = \begin{bmatrix} 14,16 \\ 135,23 \\ 1275,30 \\ 174,56 \\ 1358,15 \\ 36,58 \\ 1289,55 \\ 1005,56 \end{bmatrix}_{8 \times 1}$$

Sebagai hasilnya, estimasi parameter model yang diperoleh sesuai dengan persamaan yang ada.

$$(\mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{y} = \begin{bmatrix} -3,82 \\ 0,12 \\ 0,07 \\ 0,01 \\ 0,01 \\ 0,84 \\ -0,04 \\ -0,01 \end{bmatrix}_{8 \times 1}$$

Perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan estimasi parameter model GWR dengan fungsi pembobot adaptive gaussian untuk Kabupaten Pacitan, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{\text{Pacitan}} = -3,82 + 0,12X_1 + 0,07X_2 + 0,01X_3 + 0,01X_4 + 0,84X_5 - 0,04X_6 - 0,01X_7$$

Model yang diperoleh menunjukkan bahwa koefisien untuk persentase penduduk miskin (X_1) sebesar 0,12. Hal ini berarti bahwa setiap peningkatan satu persen pada persentase penduduk miskin akan menyebabkan peningkatan sebesar 0,12 persen pada persentase kasus tuberculosis, dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan. Peningkatan satu persen pada persentase tempat fasilitas umum sesuai standar (X_6) dan persentase tempat pengelolaan pangan sesuai standar (X_7) masing-masing akan menurunkan persentase kasus tuberculosis sebesar 0,04 persen dan 0,01 persen, dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan.

Langkah perhitungan yang sama menghasilkan model di seluruh Kabupaten/Kota di Jawa Timur, salah satu model di wilayah dengan kasus tuberculosis tertinggi di Jawa Timur sebagai berikut :

$$\hat{Y}_{\text{Kota Surabaya}} = 5,65 + 0,16X_1 - 0,01X_2 - 0,13X_3 - 0,05X_4 + 1,08X_5 - 0,01X_6 - 0,01X_7$$

Model yang diperoleh menunjukkan bahwa koefisien untuk persentase penduduk miskin (X_1) sebesar 0,16. Hal ini berarti bahwa setiap peningkatan satu persen pada persentase penduduk miskin akan menyebabkan peningkatan sebesar 0,16 persen pada persentase kasus tuberculosis, dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan. Peningkatan satu persen pada persentase bayi yang mendapatkan imunisasi BCG (X_4) akan menurunkan persentase kasus tuberculosis sebesar 0,05 persen, dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan.

4.7.4. Uji Kesesuaian Model GWR

Setelah estimasi parameter model GWR dilakukan, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian terhadap model GWR, yang mencakup uji kecocokan model GWR. Uji kesesuaian antara model dan data bertujuan untuk menilai

seberapa besar pengaruh faktor geografis terhadap hasil model, serta membandingkan efektivitas model GWR dengan regresi linier dalam menjelaskan data. Berikut adalah hipotesis untuk pengujian :

$$H_0 : \beta_p(u_i, v_i) = \beta_p \text{ untuk setiap } p = 0, 1, 2, \dots, 7 \text{ dan } i = 1, 2, \dots, 38$$

(model regresi global dan GWR menunjukkan hasil yang serupa dalam menjelaskan kecocokan model dengan data)

$$H_1 : \beta_p(u_i, v_i) \neq \beta_p \text{ untuk } p = 0, 1, 2, \dots, 7$$

(model regresi global dan GWR menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan dalam menjelaskan kecocokan model dengan data)

Tabel berikut menunjukkan hasil uji kesesuaian model GWR.

Tabel 4.13 Tabel Uji Kesesuaian Model

| | SSE | df | F_{hitung} | $F_{(0,05;12,48;30)}$ |
|----------------|-------|-------|--------------|-----------------------|
| Regresi Global | 22,41 | 30 | | |
| GWR | 7,04 | 12,48 | 1,32 | 2,07 |
| Total | 29,45 | 42,48 | | |

Berdasarkan Tabel 4.13 uji kesesuaian model di atas, hasil uji untuk model GWR menunjukkan nilai SSE sebesar 7,043 dengan df_1 sebesar 12,48, dan df_2 sebesar 30. Nilai F_{hitung} sebesar 1,32 lebih kecil dibandingkan dengan F_{tabel} yang bernilai 2,07. Oleh karena itu, (H_1) ditolak, menunjukkan bahwa model GWR dan regresi linier berganda tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

4.7.5. Uji Signifikansi Parameter GWR

Setelah memastikan bahwa model GWR sesuai dan mampu menangkap variasi spasial secara efektif, langkah selanjutnya adalah melakukan uji

signifikansi parameter. Uji ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana setiap parameter berpengaruh terhadap variabel respon di berbagai lokasi observasi.

Hipotesis dalam pengujian yaitu :

$$H_0 : \beta_p(u_1, v_1) = 0$$

$$H_1 : \beta_p(u_1, v_1) \neq 0 \text{ dengan } p = 0, 1, 2, \dots, 7$$

Tabel berikut menunjukkan hasil uji signifikansi parameter GWR di Kabupaten Pacitan.

Tabel 4.14 Hasil Uji Signifikansi Parameter

| Variabel | t_{hitung} | p -value | Keputusan |
|----------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| X_1 | 1,66 | 0,11 | Gagal Tolak H_0 |
| X_2 | 1,60 | 0,12 | Gagal Tolak H_0 |
| X_3 | 0,47 | 0,64 | Gagal Tolak H_0 |
| X_4 | 0,08 | 0,94 | Gagal Tolak H_0 |
| X_5 | 7,58 | $1,90 \times 10^{-8}$ | Tolak H_0 |
| X_6 | -1,53 | 0,14 | Gagal Tolak H_0 |
| X_7 | -0,42 | 0,63 | Gagal Tolak H_0 |

Berdasarkan uji parameter model GWR dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$, nilai kritis $t(0,025; 30) = 2,045$. Jika $|t_{\text{hitung}}| > 2,045$, maka hipotesis nol (H_0) ditolak, yang menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara variabel bebas terhadap variabel respon. Pada Kabupaten Pacitan, hasil uji pada tabel 4.14 menunjukkan bahwa satu-satunya variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap persentase penderita tuberkulosis (Y) adalah persentase penderita HIV (X_5). Uji yang sama dilakukan untuk 38 kabupaten/kota lainnya, dengan hasil yang bervariasi sesuai dengan karakteristik wilayah masing-masing. Berikut hasil

uji signifikansi parameter di setiap Kabupaten/Kota yang membentuk beberapa kelompok sebagai berikut:

Tabel 4.15 Uji parameter model GWR di Kabupaten/Kota Jawa Timur

| Variabel yang Signifikan | Kabupaten/Kota |
|---------------------------------|---|
| X_5 | Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Kediri, Malang, Jombang, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Tuban, Kota Malang, Kota Madiun, Kota Batu |
| X_2, X_5 | Nganjuk, Kota Kediri |
| X_2, X_5, X_6 | Blitar, Kota Blitar |
| X_1, X_5 | Lumajang, Jember, Bondowoso, Situbondo |
| X_1, X_3, X_5 | Banyuwangi, Probolinggo, Pasuruan, Sampang, Pamekasan, Sumenep, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan |
| X_3, X_5 | Sidoarjo, Mojokerto, Lamongan, Gresik, Bangkalan, Kota Mojokerto, Kota Surabaya |

Berdasarkan hasil uji signifikansi untuk 38 Kabupaten/Kota dapat dilihat pada Lampiran 1.13 yang dikelompokkan pada Tabel 4.15, variabel yang mempengaruhi kasus tuberkulosis di Jawa Timur menunjukkan variasi yang berbeda-beda di setiap wilayah pengamatan. Hal ini mengindikasikan bahwa model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan pembobot adaptive Gaussian dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya perbedaan pengaruh variabel di masing-masing daerah. Namun demikian, terdapat satu variabel yang

memiliki pengaruh signifikan di seluruh wilayah, yaitu persentase penderita HIV (X_5). Oleh karena itu, analisis dilanjutkan dengan model *Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)* karena diduga terdapat variabel yang memiliki pengaruh global yang konsisten di seluruh wilayah, yang dapat memperkuat pemahaman tentang faktor-faktor yang memengaruhi distribusi kasus tuberkulosis secara lebih menyeluruh.

4.8. Uji Variabilitas Spasial

Dugaan adanya pengaruh global dari suatu variabel mendorong dilakukannya uji variabilitas spasial untuk mengidentifikasi karakteristik variabel tersebut. Uji ini bertujuan menentukan apakah pengaruh variabel bersifat konstan di seluruh wilayah (global) atau bervariasi berdasarkan lokasi (lokal). Uji variabilitas spasial digunakan dalam memodelkan MGWR. Pendekatan ini membantu memahami pola hubungan antarvariabel secara lebih mendalam dari aspek lokal maupun global. Hipotesis pengujian yaitu:

$$H_0 : \beta_p(u_1, v_1) = \beta_p(u_2, v_2) = \dots = \beta_p(u_{38}, v_{38}); p = 0, 1, 2, \dots, 7.$$

(Variabel prediktor X_p memiliki pengaruh yang konsisten di seluruh lokasi yang dianalisis).

$$H_1 : \exists \beta_p(u_i, v_i) \neq \beta_p(u_{38}, v_{38}), p = 1, 2, \dots, 7.$$

(Variabel prediktor X_p memiliki pengaruh yang berbeda di setiap lokasi pengamatan)

Tabel 4.17 Hasil Uji Variabilitas Spasial

| Variabel | F_i | F_{tabel} | P -Value | Keputusan | Kesimpulan |
|-----------|-------|--------------------|-----------------------|--------------------|------------------|
| (X_1) | 1,575 | 2,120 | 0,158 | H_0 diterima | Tidak Signifikan |
| (X_2) | 1,711 | 2,251 | 0,136 | H_0 diterima | Tidak Signifikan |
| (X_3) | 5,138 | 2,211 | $2,64 \times 10^{-4}$ | Gagal Terima H_0 | Signifikan |
| (X_4) | 0,489 | 2,305 | 0,888 | H_0 diterima | Tidak Signifikan |
| (X_5) | 1,551 | 2,297 | 0,188 | H_0 diterima | Tidak Signifikan |
| (X_6) | 1,573 | 2,127 | 0,160 | H_0 diterima | Tidak Signifikan |
| (X_7) | 1,503 | 2,203 | 0,194 | H_0 diterima | Tidak Signifikan |

Hasil yang diperoleh pada Tabel 4.17 menunjukkan bahwa variabel Persentase Rumah Tangga dengan Bahan Bakar Utama untuk Memasak Kayu (X_3) memiliki pengaruh signifikan terhadap persentase penderita tuberkulosis (Y), karena nilai P -value lebih kecil dari 0,05 dan F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} , yang berarti (H_0) ditolak. Sementara itu, variabel-variabel lainnya seperti persentase penduduk miskin (X_1), persentase sanitasi layak (X_2), persentase bayi mendapatkan Imunisasi BCG (X_4), persentase penderita HIV (X_5), dan persentase tempat fasilitas umum sesuai standar (X_6) tidak menunjukkan pengaruh signifikan, karena P -value mereka lebih besar dari 0,05 dan F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} , sehingga (H_0) gagal ditolak. Oleh karena itu, variabel X_3 dianggap sebagai variabel lokal, sementara variabel lainnya menjadi variabel global, dan model ini dapat dimodelkan menggunakan pendekatan *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR).

4.9. *Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)*

Model *Mixed Geographically Weighted Regression (Mixed GWR)* adalah pengembangan dari model *Geographically Weighted Regression (GWR)* yang menggabungkan elemen-elemen regresi global dan lokal. Dalam model ini, beberapa variabel diasumsikan memiliki koefisien global yang tetap, yang berarti pengaruh variabel tersebut dianggap seragam di seluruh wilayah pengamatan. Di sisi lain, variabel lainnya memiliki koefisien yang bervariasi secara lokal, memungkinkan model untuk mengakomodasi heterogenitas spasial yang dapat terjadi di berbagai lokasi.

Setelah dilakukan uji variabilitas spasial, didapatkan variabel global adalah persentase penduduk miskin (X_1), persentase sanitasi layak (X_2), persentase bayi mendapatkan Imunisasi BCG (X_4), persentase penderita HIV (X_5), persentase tempat fasilitas umum sesuai standar (X_6), dan persentase tempat pengelolaan pangan sesuai standar (X_7). Variabel-variabel ini diasumsikan memiliki pengaruh yang seragam di seluruh wilayah pengamatan, yang berarti hubungan antara variabel-variabel tersebut dan persentase penderita tuberkulosis (Y) tidak dipengaruhi oleh perbedaan kondisi spasial antar kabupaten/kota. Variabel lokal yang diduga memiliki pengaruh yang berbeda antar wilayah adalah persentase rumah tangga dengan bahan bakar utama untuk memasak kayu (X_3).

Berikut ini disajikan representasi matriks X_l dan X_g yang menggambarkan pembagian variabel lokal dan global dalam model *Mixed GWR*. Matriks X_l menunjukkan variabel lokal dengan koefisien yang bervariasi antar lokasi pengamatan, sedangkan matriks X_g merepresentasikan variabel global dengan koefisien tetap di seluruh wilayah pengamatan. Struktur masing-masing matriks

disusun berdasarkan variabel yang telah dikelompokkan sebelumnya.

$$\mathbf{X}_1 = \begin{bmatrix} 1 & 66,54 \\ 1 & 27,33 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & 0,16 \end{bmatrix}_{38 \times 2}, \quad \mathbf{X}_g = \begin{bmatrix} 13,65 & 77,45 & 98,12 & 0,30 & 94,00 & 72,32 \\ 9,53 & 89,79 & 99,09 & 1,34 & 90,98 & 62,36 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 3,31 & 95,06 & 98,51 & 0,65 & 96,38 & 72,89 \end{bmatrix}_{38 \times 6}$$

4.9.1. Estimasi Parameter MGWR

Setelah mengetahui variabel global dan lokal, langkah selanjutnya adalah melakukan estimasi parameter dalam model MGWR menggunakan metode *Weighted Least Squares* (WLS). Langkah awal yaitu mengestimasi parameter global menggunakan persamaan 2.42, untuk dapat menghitung estimasi parameter global perlu didapatkan matrix S_i terlebih dahulu menggunakan persamaan 2.44. Di bawah ini akan dicontohkan perhitungan di Kabupaten Pacitan

$$\mathbf{X}_1^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 \\ 66,54 & 27,33 & 40,18 & \dots & 0,65 & 0 & 0,16 \end{bmatrix}_{2 \times 38}$$

$$\mathbf{X}_1^T \mathbf{W} = \begin{bmatrix} 1 & 0,80 & \dots & 0,63 & 0,04 & 0,14 \\ 66,54 & 21,87 & 23,67 & \dots & 0,41 & 0 & 0,02 \end{bmatrix}_{2 \times 38}$$

$$\mathbf{X}_1^T \mathbf{W} \mathbf{X}_1 = \begin{bmatrix} 8,97 & 168,86 \\ 168,86 & 6798,45 \end{bmatrix}_{2 \times 2}$$

$$(\mathbf{X}_1^T \mathbf{W} \mathbf{X}_1)^{-1} = \begin{bmatrix} 0,21 & -0,01 \\ -0,01 & 2,76 \times 10^{-4} \end{bmatrix}_{2 \times 2}$$

$$(\mathbf{X}_1^T \mathbf{W} \mathbf{X}_1)^{-1} \mathbf{X}_1^T \mathbf{W} = \begin{bmatrix} -0,14 & 5,38 \times 10^{-2} & \dots & 0,13 & 7,90 \times 10^{-3} \\ 1,32 \times 10^{-2} & 1,88 \times 10^{-3} & \dots & -3,15 \times 10^{-3} & -1,96 \times 10^{-4} \end{bmatrix}_{2 \times 38}$$

$$\mathbf{X}_1 (\mathbf{X}_1^T \mathbf{W} \mathbf{X}_1)^{-1} \mathbf{X}_1^T \mathbf{W} = \begin{bmatrix} 0,74 & 0,18 & -0,23 & \dots & -0,08 & -5,15 \times 10^{-3} & -0,02 \end{bmatrix}_{1 \times 1}$$

$$S_{l1} = \begin{bmatrix} 0,74 & 0,18 & -0,23 & \dots & -0,08 & -5,15 \times 10^{-3} & -0,02 \end{bmatrix}_{1 \times 1}$$

Matriks S_{l1} di atas menggambarkan hasil perhitungan untuk Kabupaten Pacitan. Matriks ini digunakan untuk menggambarkan nilai-nilai yang relevan dalam perhitungan S_l . Untuk memperoleh nilai S_l pada kabupaten atau kota lain, perhitungan yang sama dapat diulang dengan menyesuaikan bandwidth sesuai dengan masing-masing daerah.

Berikut hasil perhitungan S_l di 38 kabupaten/kota :

$$S_1 = \begin{bmatrix} 0,74 & 0,18 & \dots & -0,01 & -0,02 \\ 0,18 & 0,16 & \dots & 2,71 \times 10^{-3} & 2,71 \times 10^{-4} \\ 0,11 & 0,16 & \dots & -4,63 \times 10^{-4} & -1,49 \times 10^{-2} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ -0,08 & 8,2 \times 10^{-3} & \dots & 3 \times 10^{-3} & 0,01 \\ -7,85 \times 10^{-5} & -6,92 \times 10^{-4} & \dots & 0,01 & 0,04 & 0,13 \\ 0,12 & 0,23 & \dots & 1,42 \times 10^{-3} & 0,56 & 0,07 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

Setelah didapatkan S_i kemudian melakukan perhitungan estimasi parameter global 2.42.

$$\mathbf{X}_g^T = \begin{bmatrix} 13.65 & 9.53 & 10.63 & \cdots & 4.74 & 4.65 & 3.31 \\ 77.45 & 89.79 & 81.28 & \cdots & 98.18 & 97.81 & 95.06 \\ 98.12 & 99.09 & 98.64 & \cdots & 97.98 & 94.26 & 98.51 \\ 0.30 & 1.34 & 0.90 & \cdots & 1.50 & 11.81 & 0.65 \\ 94.00 & 90.98 & 93.28 & \cdots & 95.71 & 95.12 & 96.38 \\ 72.32 & 62.36 & 62.16 & \cdots & 89.73 & 88.87 & 72.89 \end{bmatrix}_{6 \times 38}$$

$$\mathbf{I} - \mathbf{S}_1 = \begin{bmatrix} 0,26 & -0,18 & \cdots & 0,01 & 0,02 \\ -0,18 & 0,84 & \cdots & 3,46 \times 10^{-4} & 2,71 \times 10^{-3} \\ -0,11 & -0,16 & \cdots & 4,62 \times 10^{-4} & 0,02 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ 0,08 & -0,01 & \cdots & 2,63 \times 10^{-4} & 5,80 \times 10^{-3} \\ 6,34 \times 10^{-7} & 7,85 \times 10^{-5} & \cdots & 0,83 & -0,04 \\ 6,91 \times 10^{-4} & 1,92 \times 10^{-3} & \cdots & -0,04 & 0,87 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T = \begin{bmatrix} 0,26 & -0,18 & \cdots & 6,34 \times 10^{-7} & 6,91 \times 10^{-4} \\ -0,18 & 0,84 & \cdots & 7,85 \times 10^{-5} & 1,92 \times 10^{-3} \\ -0,23 & -0,06 & \cdots & 1,28 \times 10^{-3} & 0,03 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ 0,08 & -0,04 & \cdots & 2,63 \times 10^{-4} & 5,80 \times 10^{-3} \\ 5,15 \times 10^{-3} & 3,46 \times 10^{-4} & \cdots & 0,83 & -0,04 \\ 0,02 & 2,71 \times 10^{-3} & \cdots & -0,04 & 0,87 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)\mathbf{X}_g = \begin{bmatrix} -0,24 & 1,23 & -0,71 & \cdots & 0,07 & 0,59 & 6,99 \\ -1,14 & 3,01 & 1,77 & \cdots & -0,04 & -2,46 & -6,07 \\ -0,20 & 0,07 & 0,57 & \cdots & -0,32 & 1,61 & -2,07 \\ -3,85 & 3,81 & 1,91 & \cdots & -0,69 & 2,35 & 14,64 \\ -2,84 & 3,76 & -0,30 & \cdots & 7,56 & 8,45 & 10,97 \\ -3,45 & 2,27 & 3,58 & \cdots & -2,40 & 7,44 & -3,60 \end{bmatrix}_{6 \times 38}$$

$$\mathbf{X}_g^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T = \begin{bmatrix} -0,24 & -1,14 & -0,20 & \cdots & -3,85 & -2,84 & -3,45 \\ 1,23 & 3,01 & 0,07 & \cdots & 3,81 & 3,76 & 2,27 \\ -0,71 & 1,77 & 0,57 & \cdots & 1,91 & -0,30 & 3,58 \\ 0,07 & -0,04 & -0,32 & \cdots & -0,69 & 7,56 & -2,40 \\ 0,59 & -2,46 & 1,61 & \cdots & 2,35 & 8,45 & 7,44 \\ 6,99 & -6,07 & -2,07 & \cdots & 14,64 & 10,97 & -3,60 \end{bmatrix}_{6 \times 38}$$

$$\mathbf{X}_g^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)\mathbf{X}_g = \begin{bmatrix} 357.73 & -292.57 & -45.00 & -98.03 & -580.74 & -586.63 \\ -292.57 & 1456.76 & 22.50 & 83.94 & 362.16 & 377.84 \\ -45.00 & 22.50 & 219.58 & 28.23 & 74.78 & 201.94 \\ -98.03 & 83.94 & 28.23 & 156.13 & 135.71 & 116.57 \\ -580.74 & 362.16 & 74.78 & 135.71 & 2207.43 & 1272.02 \\ -586.63 & 377.84 & 201.94 & 116.57 & 1272.02 & 4823.58 \end{bmatrix}_{6 \times 6}$$

$$(\mathbf{X}_g^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)\mathbf{X}_g)^{-1} = \begin{bmatrix} 6,87 \times 10^{-3} & 8,18 \times 10^{-4} & \cdots & 3,58 \times 10^{-4} \\ 8,18 \times 10^{-4} & 8,30 \times 10^{-4} & \cdots & 1,44 \times 10^{-5} \\ 2,43 \times 10^{-3} & -1,23 \times 10^{-5} & \cdots & -1,69 \times 10^{-4} \\ 2,43 \times 10^{-3} & -1,23 \times 10^{-5} & \cdots & 1,01 \times 10^{-4} \\ 1,31 \times 10^{-3} & 7,01 \times 10^{-5} & \cdots & -6,52 \times 10^{-5} \\ 3,58 \times 10^{-4} & 1,44 \times 10^{-5} & \cdots & 2,71 \times 10^{-4} \end{bmatrix}_{6 \times 6}$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)\mathbf{y} = \begin{bmatrix} 0,14 \\ 0,32 \\ -0,29 \\ \vdots \\ -0,75 \\ 7,70 \\ -2,47 \end{bmatrix}_{38 \times 1}$$

$$\mathbf{X}_g^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)\mathbf{y} = \begin{bmatrix} -39,14 \\ 47,12 \\ 26,20 \\ 124,30 \\ 37,46 \\ 51,07 \end{bmatrix}_{6 \times 1}$$

Sebagai hasilnya, estimasi parameter global yang diperoleh sesuai dengan persamaan yang ada.

$$(\mathbf{X}_g^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)\mathbf{X}_g)^{-1} \mathbf{X}_g^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)\mathbf{y} = \begin{bmatrix} 0,14 \\ 0,01 \\ 0,03 \\ 0,88 \\ -5,13 \times 10^{-3} \\ 6,28 \times 10^{-3} \end{bmatrix}_{6 \times 1}$$

Perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan estimasi parameter global MGWR dengan fungsi pembobot adaptive gaussian, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\hat{\beta}_g = 0,14 X_1 + 0,01 X_2 + 0,03 X_4 + 0,88 X_5 - (5,13 \times 10^{-3}) X_6 + (6,28 \times 10^{-3}) X_7$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa persentase penduduk miskin (X_1) memiliki pengaruh positif terhadap kasus tuberkulosis (y) dengan koefisien sebesar 0,14. Artinya, setiap peningkatan 1% dalam persentase penduduk miskin akan meningkatkan kasus tuberkulosis sebesar 0,14 kasus, dengan asumsi faktor lain tetap konstan. Sebaliknya, persentase tempat fasilitas umum sesuai standar (X_6) memiliki pengaruh negatif terhadap kasus tuberkulosis, dengan koefisien sebesar $-5,13 \times 10^{-3}$. Ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan 1% dalam persentase tempat fasilitas umum yang memenuhi standar akan mengurangi kasus tuberkulosis sebesar 0,0051 kasus, dengan asumsi variabel lain tetap konstan.

Setelah didapatkan estimasi parameter global, selanjutnya akan dihitung estimasi parameter lokal menggunakan persamaan 2.43. Salah satu contoh perhitungan untuk estimasi parameter lokal menggunakan Kabupaten Pacitan sebagai berikut :

$$(\mathbf{X}_1^T \mathbf{W} \mathbf{X}_1)^{-1} \mathbf{X}_1^T \mathbf{W} = \begin{bmatrix} -0,14 & 5,38 \times 10^{-2} & \dots & 0,13 & 7,90 \times 10^{-3} \\ 1,32 \times 10^{-2} & 1,88 \times 10^{-3} & \dots & -3,15 \times 10^{-3} & -1,96 \times 10^{-4} \end{bmatrix}_{2 \times 38}$$

$$X_g \hat{\beta}_g = \begin{bmatrix} 6,07 \\ 6,49 \\ 6,15 \\ \vdots \\ 6,13 \\ 15,02 \\ 5,05 \end{bmatrix}_{38 \times 1}$$

$$y - (X_g \hat{\beta}_g) = \begin{bmatrix} -5,56 \\ -4,90 \\ -5,58 \\ \vdots \\ -4,97 \\ -2,40 \\ -4,56 \end{bmatrix}_{38 \times 1}$$

Sebagai hasilnya, estimasi parameter lokal Kabupaten Pacitan yang diperoleh sesuai dengan persamaan yang ada.

$$(X_l^T W X_l)^{-1} X_l^T W (y - X_g \hat{\beta}_g) = \begin{bmatrix} -5,10 \\ 8 \times 10^{-3} \end{bmatrix}_{2 \times 1}$$

Perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan estimasi parameter lokal MGWR di Kabupaten Pacitan dengan fungsi pembobot adaptive gaussian, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\hat{\beta}_{lu_1, v_1} = -5,10 + 8 \times 10^{-3} X_3$$

Model yang diperoleh menunjukkan bahwa koefisien untuk persentase rumah tangga dengan bahan bakar utama untuk memasak kayu (X_3) sebesar 8×10^{-3} . Hal ini berarti bahwa setiap peningkatan 1% pada persentase rumah tangga yang menggunakan kayu sebagai bahan bakar utama untuk memasak akan menyebabkan peningkatan sebesar 0,008 satuan pada persentase kasus tuberkulosis, dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan. Untuk melakukan estimasi pada wilayah lainnya menggunakan matriks pembobot yang sesuai dengan koordinat (u_i, v_i) , sebagaimana yang telah diperlihatkan pada contoh di Kabupaten Pacitan.

4.9.2. Uji Kesesuaian Model MGWR

Setelah estimasi parameter model GWR dilakukan, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian terhadap model GWR, yang mencakup uji kecocokan model GWR. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan apakah model MGWR memberikan penjelasan yang lebih efektif terhadap data dibandingkan dengan model regresi linier. Adapun pengujian menggunakan hipotesis yaitu :

$$H_0 : \beta_p(u_i, v_i) = \beta_p \quad ; \quad p = 1, 2, \dots, 7 \quad \text{dan} \quad i = 1, 2, \dots, 38$$

(model regresi global dan MGWR menunjukkan hasil yang serupa dalam menjelaskan kecocokan model)

$$H_1 : \exists \beta_p(u_i, v_i) \neq \beta_p \quad ; \quad p = 1, 2, \dots, 7 \quad \text{dan} \quad i = 1, 2, \dots, 38$$

(Terdapat $\beta_p(u_i, v_i) \neq \beta_p$ yang artinya model regresi global dan MGWR menunjukkan hasil yang berbeda secara signifikan dalam menjelaskan kecocokan model)

Berikut perhitungan kesesuaian model berdasarkan persamaan 2.47 :

Langkah awal yaitu menghitung S menggunakan persamaan

$$(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)\mathbf{X}_g = \begin{bmatrix} -0,24 & 1,23 & -0,71 & 0,07 & 0,59 & 6,99 \\ -1,14 & 3,01 & 1,77 & -0,04 & -2,46 & -6,07 \\ -0,20 & 0,07 & 0,57 & -0,32 & 1,61 & -2,07 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -2,84 & 3,76 & -0,30 & 7,56 & 8,45 & 10,97 \\ -3,45 & 2,27 & 3,58 & -2,40 & 7,44 & -3,60 \end{bmatrix}_{38 \times 6}$$

Kemudian mengalikan $(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)\mathbf{X}_g$ dengan $(\mathbf{X}_g^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)\mathbf{X}_g)^{-1}$ yang telah dihitung pada saat menghitung $\hat{\beta}_g$.

$$\begin{bmatrix} 2,60 \times 10^{-3} & 9,31 \times 10^{-4} & \dots & 1,92 \times 10^{-3} \\ -1,04 \times 10^{-2} & 1,39 \times 10^{-3} & \dots & -2,15 \times 10^{-3} \\ -5,69 \times 10^{-4} & 1,30 \times 10^{-5} & \dots & -8,68 \times 10^{-4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1,69 \times 10^{-2} & 1,44 \times 10^{-3} & \dots & 2,28 \times 10^{-3} \\ -1,84 \times 10^{-2} & -2,74 \times 10^{-4} & \dots & -3,51 \times 10^{-3} \end{bmatrix}_{38 \times 6}$$

Kemudian mengalikan $(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)\mathbf{X}_g(\mathbf{X}_g^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)\mathbf{X}_g)^{-1}$ dengan $\mathbf{X}_g^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)$

$$\begin{bmatrix} 1,08 \times 10^{-2} & -1,87 \times 10^{-2} & \dots & -0,03 \\ -1,09 \times 10^{-2} & 5,56 \times 10^{-2} & \dots & 0,07 \\ -5,42 \times 10^{-3} & 7,29 \times 10^{-3} & \dots & 0,03 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,01 \times 10^{-2} & -0,05 \times 10^{-2} & \dots & -0,17 \\ -0,02 \times 10^{-2} & 0,07 \times 10^{-2} & \dots & 0,21 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

Kemudian menjumlahkan $(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)\mathbf{X}_g(\mathbf{X}_g^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)\mathbf{X}_g)^{-1}\mathbf{X}_g^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T$ $(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)$ dengan \mathbf{S}_1

$$\begin{bmatrix} 0,75 & -0,16 & \dots & -0,05 \\ 0,16 & 0,21 & \dots & 0,07 \\ 0,10 & 0,17 & \dots & 0,03 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,01 & -0,05 & \dots & -0,17 \\ -0,02 & 0,07 & \dots & 0,21 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$\mathbf{I} - \mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0,25 & -0,16 & \dots & 0,05 \\ -0,16 & 0,79 & \dots & -0,07 \\ -0,10 & -0,17 & \dots & -0,02 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -0,01 & 0,05 & \dots & 0,14 \\ 0,02 & -0,07 & \dots & 0,66 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T = \begin{bmatrix} 0,25 & -0,16 & \dots & 0,02 \\ -0,16 & 0,79 & \dots & -0,07 \\ -0,22 & -0,14 & \dots & -0,02 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -0,01 & 0,04 & \dots & 0,11 \\ 0,05 & -0,07 & \dots & 0,66 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$H = \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T = \begin{bmatrix} 0,55 & 0,17 & \dots & -0,07 \\ 0,17 & 0,15 & \dots & 0,08 \\ 0,27 & 0,15 & \dots & 0,06 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -0,04 & -0,04 & \dots & -0,12 \\ -0,07 & 0,09 & \dots & 0,24 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$I - H = \begin{bmatrix} 0,44 & -0,17 & \dots & 0,07 \\ -0,17 & 0,85 & \dots & -0,08 \\ -0,27 & -0,15 & \dots & -0,06 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,04 & 0,04 & \dots & 0,12 \\ 0,07 & -0,09 & \dots & 0,76 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}) = \begin{bmatrix} 0,11 & -0,15 & \dots & 0,02 \\ -0,15 & 0,74 & \dots & -0,07 \\ -0,06 & -0,11 & \dots & -0,02 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -0,01 & 0,04 & \dots & 0,12 \\ 0,02 & -0,07 & \dots & 0,63 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$u_1 = \text{tr}(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}) = 24,13$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{H}) - (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}) = \begin{bmatrix} 0,32 & -0,02 & \cdots & 0,05 \\ -0,02 & 0,11 & \cdots & -0,02 \\ -0,20 & -0,04 & \cdots & -0,04 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,04 & 3,55 \times 10^{-4} & \cdots & 6,24 \times 10^{-3} \\ 0,05 & -0,02 & \cdots & 0,13 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$v_1 = \text{tr}(\mathbf{I} - \mathbf{H}) - (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}) = 5,87$$

$$\begin{aligned} F(1) &= \frac{\mathbf{y}^T [(\mathbf{I} - \mathbf{H}) - (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})] \mathbf{y} / v_1}{\mathbf{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}) \mathbf{y} / u_1} \\ &= \frac{\frac{8,56}{5,87}}{\frac{13,85}{24,13}} \\ &= \frac{1,46}{0,57} \\ &= 2,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} df_1 &= \frac{v_1^2}{v_2} \\ &= \frac{5,87^2}{1,17} \\ &= 29,37 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} df_2 &= \frac{u_1^2}{u_2} \\ &= \frac{24,13^2}{16,14} \\ &= 36,079 \end{aligned}$$

Hasil uji kesesuaian model MGWR fungsi pembobot adaptif gaussian menggunakan $\alpha = 5\%$ (0,05) dengan bantuan software R-Studio diperoleh nilai $p - value = 0,00417 < 0,05$ dan $F1 = 2,54 > F_{(0,05;29,37;36,079)} = 1,78$ maka

diambil keputusan tolak H_0 yang artinya ada perbedaan yang signifikan antara model regresi linear berganda dengan model MGWR.

4.9.3. Uji Serentak Model MGWR

Uji serentak pada model MGWR bertujuan untuk mengevaluasi apakah seluruh variabel dalam model memiliki pengaruh secara keseluruhan terhadap variabel respon. Terdapat dua kategori uji yang dilakukan, yaitu uji untuk parameter variabel global dan parameter variabel lokal.

Uji Serentak Parameter Variabel Global

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan apakah secara bersama-sama variabel prediktor global memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel respon. Hipotesis yang diuji adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_{a+1} = \beta_{a+2} = \dots = \beta_p = 0$$

(Tidak ada pengaruh variabel global secara bersamaan terhadap variabel respon)

$$H_1 : \exists \beta_p \neq 0$$

(Ada pengaruh variabel global secara bersamaan terhadap variabel respon)

Perhitungan pengujian serentak variabel global menggunakan persamaan 2.48 sebagai berikut :

$$(\mathbf{I}-\mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}_1)-(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}) = \begin{bmatrix} 8,21 \times 10^{-3} & -8,69 \times 10^{-3} & \cdots & 0,01 & -0,02 \\ -8,69 \times 10^{-3} & 0,06 & \cdots & -0,04 & 0,07 \\ -6,89 \times 10^{-3} & 5 \times 10^{-3} & \cdots & -0,02 & 0,04 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ 0,01 & 0,04 & \cdots & -0,04 & 0,06 \\ 9,24 \times 10^{-3} & -0,04 & \cdots & 0,38 & -0,13 \\ -0,01 & 0,07 & \cdots & -0,13 & 0,20 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

mengalikan y^T dengan $(\mathbf{I}-\mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}_1)-(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S})$

$$\begin{bmatrix} -0,01 & 0,45 & \cdots & 5,90 & -2,10 \end{bmatrix}_{1 \times 38}$$

mengalikan $y^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}_1)-(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S})$ dengan y

$$\begin{bmatrix} 104,59 \end{bmatrix}_{1 \times 1}$$

Untuk mendapatkan penyebut mengalikan $y^T(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S})$ dengan y

$$\begin{bmatrix} 13,85 \end{bmatrix}_{1 \times 1}$$

$$((\mathbf{I}-\mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}_1)-(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}))^{-1} = \begin{bmatrix} 8,21 \times 10^{-3} & -8,70 \times 10^{-3} & \cdots & 0,02 \\ -8,70 \times 10^{-3} & 0,06 & \cdots & -0,02 \\ 6,89 \times 10^{-3} & 50 \times 10^{-3} & \cdots & 0,07 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,01 & -0,04 & \cdots & -0,13 \\ -0,02 & 0,07 & \cdots & 0,20 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$r_1 = \text{tr}((\mathbf{I}-\mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}_1)-(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}))^{-1} = 5,03$$

$$F(2) = \frac{\mathbf{y}^T[(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1) - (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})]\mathbf{y}/r_i}{\mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y}/u_i} = \frac{\frac{104,59}{5,03}}{\frac{13,85}{24,13}} = \frac{20,80}{0,57} = 36,24$$

$$\begin{aligned} df_1 &= \frac{r_1^2}{r_2} \\ &= \frac{5,03^2}{1,04} \\ &= 24,36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} df_2 &= \frac{u_1^2}{u_2} \\ &= \frac{24,13^2}{16,14} \\ &= 36,079 \end{aligned}$$

Hasil uji secara bersama-sama variabel prediktor global MGWR fungsi pembobot adaptiv gaussian menggunakan $\alpha = 5\%$ (0,05) dengan bantuan software R-Studio diperoleh nilai $p - value = 0,00417 < 0,05$ dan $F_2 = 36,24 > F_{(0,05;24,36;36,079)} = 1,78$ maka diambil keputusan tolak H_0 yang artinya terdapat pengaruh variabel global secara bersamaan terhadap variabel respon.

Uji Serentak Parameter Variabel Lokal

Uji serentak mengeksplorasi hubungan simultan antara variabel lokal dan variabel respon, dengan hipotesis berikut:

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_a(u_i, v_i) = 0$$

Pengaruh variabel lokal terhadap variabel respon tidak signifikan.

$$H_1 : \exists \beta_p(u_i, v_i) \neq 0$$

Pengaruh variabel lokal terhadap variabel respon signifikan

Perhitungan pengujian serentak variabel lokal menggunakan persamaan 2.49.

$$(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)\mathbf{y} - \mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}) =$$

$$\begin{bmatrix} 0,79 & 0,12 & \cdots & 0,09 & -0,05 \\ 0,12 & 0,16 & \cdots & 0,03 & -0,05 \\ -6,89 \times 10^{-3} & 5 \times 10^{-3} & \cdots & 0,08 & -0,09 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ -0,10 & 0,03 & \cdots & -0,03 & -0,06 \\ 0,09 & 0,03 & \cdots & 0,09 & -0,01 \\ -0,05 & -0,04 & \cdots & -0,01 & 0,16 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

mengalikan y^T dengan $(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)\mathbf{y} - \mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})$

$$\begin{bmatrix} 0,10 & -0,02 & \cdots & 0,69 & 0,33 \end{bmatrix}_{1 \times 38}$$

mengalikan $y^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)\mathbf{y} - \mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})$ dengan $y = 9,94$

$$\left([(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g) - (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})]^i \right) = \begin{bmatrix} 0,79 & 0,12 & \cdots & -0,05 \\ 0,12 & 0,16 & \cdots & -0,04 \\ 3,29 \times 10^{-3} & 0,03 & \cdots & -0,08 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0,09 & 0,03 & \cdots & -0,01 \\ -0,05 & -0,04 & \cdots & 0,16 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$t_1 = \text{tr} \left([(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g) - (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})]^i \right) = 7,87$$

$$F(3) = \frac{\mathbf{y}^T [(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_g)\mathbf{y} - \mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})]\mathbf{y}/t_1}{\mathbf{y}^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})^T(\mathbf{I} - \mathbf{S})\mathbf{y}/u_1} = \frac{\frac{9,94}{7,87}}{\frac{13,85}{24,13}} = \frac{1,26}{0,57} = 2,20$$

$$\begin{aligned}
 df_1 &= \frac{t_1^2}{t_2} \\
 &= \frac{7,87^2}{2,31} \\
 &= 26,78
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 df_2 &= \frac{u_1^2}{u_2} \\
 &= \frac{24,13^2}{16,14} \\
 &= 36,079
 \end{aligned}$$

Hasil uji secara bersama-sama variabel prediktor lokal MGWR fungsi pembobot adaptiv gaussian menggunakan $\alpha = 5\%$ (0,05) dengan bantuan software R-Studio diperoleh nilai $p\text{-value} = 0,00417 < 0,05$ dan $F_3 = 2,20 > F_{(0,05;26,78;36,079)} = 1,78$ maka diambil keputusan tolak H_0 yang artinya terdapat pengaruh variabel lokal secara bersamaan terhadap variabel respon.

4.9.4. Uji Parsial Model MGWR

Uji parsial model bertujuan untuk menilai variabel global dan lokal yang memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel respon dalam model MGWR. Terdapat dua jenis uji parsial secara global dan lokal.

Uji Parsial Parameter Variabel Global

Hipotesis yang diterapkan meliputi :

$H_0 : \beta_p = 0$ (Tidak ada pengaruh signifikan dari variabel global X_p)

$H_1 : \beta_p \neq 0$ (Terdapat pengaruh signifikan dari variabel global X_p)

Perhitungan uji parsial variabel global menggunakan persamaan 2.50. Langkah awal yaitu menghitung matriks G dengan persamaan

$$G = [\mathbf{X}_g^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)\mathbf{X}_g]^{-1} \mathbf{X}_g^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)^T(\mathbf{I} - \mathbf{S}_l)$$

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} -1,17 \times 10^{-3} & -0,01 & \dots & -0,01 \\ -1,05 \times 10^{-4} & 8,12 \times 10^{-4} & \dots & 6,61 \times 10^{-4} \\ -3,50 \times 10^{-3} & 8,55 \times 10^{-3} & \dots & 0,02 \\ 3,81 \times 10^{-6} & -5,18 \times 10^{-3} & \dots & -0,02 \\ -6,82 \times 10^{-4} & -3,92 \times 10^{-3} & \dots & 1,87 \times 10^{-3} \\ 1,22 \times 10^{-3} & -2,04 \times 10^{-3} & \dots & -3,39 \times 10^{-3} \end{bmatrix}_{6 \times 38}$$

Setelah mendapatkan matriks G, kemudian melakukan tranpose pada matriks G

$$\mathbf{G}^T = \begin{bmatrix} -1,17 \times 10^{-3} & -1,05 \times 10^{-4} & \dots & 1,22 \times 10^{-3} \\ -1,05 \times 10^{-4} & 8,12 \times 10^{-4} & \dots & -2,04 \times 10^{-3} \\ -3,50 \times 10^{-3} & 8,55 \times 10^{-3} & \dots & -1,13 \times 10^{-3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,01 & 1,79 \times 10^{-3} & \dots & 1,97 \times 10^{-3} \\ -0,1 & 6,61 \times 10^{-4} & \dots & -3,39 \times 10^{-3} \end{bmatrix}_{38 \times 6}$$

$$\mathbf{G}\mathbf{G}^T = \begin{bmatrix} 5,29 \times 10^{-3} & 7,32 \times 10^{-4} & \dots & 2,88 \times 10^{-4} \\ 7,32 \times 10^{-4} & 6,82 \times 10^{-4} & \dots & 9,53 \times 10^{-6} \\ 1,81 \times 10^{-4} & -3,34 \times 10^{-5} & \dots & -1,65 \times 10^{-4} \\ 2,03 \times 10^{-3} & -6,45 \times 10^{-5} & \dots & 6,51 \times 10^{-5} \\ 1,08 \times 10^{-3} & 5,49 \times 10^{-5} & \dots & -5,70 \times 10^{-5} \\ 2,89 \times 10^{-4} & 9,53 \times 10^{-6} & \dots & 2,49 \times 10^{-4} \end{bmatrix}_{6 \times 6}$$

Setelah mendapatkan hasil perkalian dari matriks G dan G^T , kemudian mengambil diagonal ke-k pada matriks GG^T .

$$GG^T = \begin{bmatrix} 5,29 \times 10^{-3} & 6,82 \times 10^{-4} & 3,92 \times 10^{-3} & 7,06 \times 10^{-3} & 7,09 \times 10^{-4} & 2,49 \times 10^{-4} \end{bmatrix}$$

Setelah itu menghitung sigma dengan rumus $\hat{\sigma}^2 = \frac{y^T(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S})y}{\text{tr}(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S})}$

$$y^T(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}) = 13,85$$

$$(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}) = \begin{bmatrix} 0,11 & -0,15 & \cdots & 0,02 \\ -0,15 & 0,74 & \cdots & -0,07 \\ -0,06 & -0,11 & \cdots & -0,02 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -0,01 & 0,04 & \cdots & 0,12 \\ 0,02 & -0,07 & \cdots & 0,63 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$\text{tr}(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}) = 24,13$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{13,85}{24,13}} = 0,76$$

$$\hat{\sigma}\sqrt{g_{pp}} = \begin{bmatrix} 0,05 & 0,02 & 0,05 & 0,06 & 0,02 & 0,01 \end{bmatrix}$$

$$t_{\text{global}} = \frac{\hat{\beta}_g}{\hat{\sigma}\sqrt{g_{pp}}} = \frac{\begin{bmatrix} 0,14 & 0,01 & 0,03 & 0,88 & -5,13 \times 10^{-3} & 6,28 \times 10^{-3} \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 0,05 & 0,02 & 0,05 & 0,06 & 0,02 & 0,01 \end{bmatrix}}$$

$$t_{\text{global}} = \begin{bmatrix} 2,63 & 0,51 & 0,66 & 13,74 & -0,25 & 0,52 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan uji parsial tertera pada tabel 4.18.

Kriteria tolak H_0 apabila $t_{\text{hitung}} > t_{0,025;36,079} = 2.02794$

Tabel 4.18 Uji Parsial Parameter Global

| Variabel | T_{hitung} | P-value | Keputusan Hipotesis | Signifikansi |
|----------------------------|--------------|------------------------|---------------------|------------------|
| X_1 (Miskin) | 2,63 | 0,01 | Tolak H_0 | Signifikan |
| X_2 (Sanitasi Layak) | 0,51 | 0,6135 | Terima H_0 | Tidak Signifikan |
| X_4 (Imunisasi BCG) | 0,66 | 0,5157 | Terima H_0 | Tidak Signifikan |
| X_5 (HIV) | 13,74 | $7,17 \times 10^{-13}$ | Tolak H_0 | Signifikan |
| X_6 (Fasilitas Umum) | -0,25 | 0,80 | Terima H_0 | Tidak Signifikan |
| X_7 (Pengelolaan Pangan) | 0,52 | 0,60 | Terima H_0 | Tidak Signifikan |

Berdasarkan 4.18 menunjukkan bahwa X_1 (persentase penduduk miskin) dan X_5 (persentase penderita HIV) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon, karena keduanya memiliki p -value yang lebih kecil dari 0,05 yaitu sebesar 0,01 dan $7,17 \times 10^{-13}$, masing-masing). Berdasarkan nilai t -tabel pada $\alpha = 0,05$ dengan derajat kebebasan (df) = 36,08, yang sebesar 2,027, maka variabel X_1 dan X_5 diterima karena t -hitung-nya sebesar 2,63 dan 13,74 lebih besar dari t -tabel. Oleh karena itu, hipotesis nol (H_0) ditolak artinya variabel-variabel tersebut berpengaruh terhadap variabel respon. Di sisi lain, variabel X_2 (persentase sanitasi layak), X_4 (persentase bayi mendapatkan imunisasi BCG), X_6 (persentase tempat fasilitas umum sesuai standar), dan X_7 (persentase tempat pengelolaan pangan sesuai standar) tidak signifikan, karena p -value lebih besar dari 0,05 dan t -hitung-nya lebih kecil dari t -tabel, sehingga hipotesis nol (H_0) diterima. Meskipun demikian, variabel-variabel ini tetap dipertahankan dalam model karena mungkin memiliki pengaruh global terhadap variabel respon.

Uji Parsial Parameter Variabel Lokal

Hipotesis yang diterapkan meliputi :

$H_0 : \beta_p(u_i, v_i) = 0$ (Tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari variabel lokal X_p pada lokasi ke- i)

$H_1 : \beta_p(u_i, v_i) \neq 0$ (Terdapat pengaruh signifikan dari variabel lokal X_p pada

lokasi ke- i)

Perhitungan uji parsial variabel lokal menggunakan persamaan 2.51 dihitung perwilayah. Berikut perhitungan uji parsial pada Kabupaten Pacitan, langkah awal yaitu menghitung matriks M dengan persamaan

$$[\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u, v) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u, v) (\mathbf{I} - \mathbf{X}_g \mathbf{G})$$

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} 0,19 & -0,20 & \dots & -1,67 \\ 0,01 & 2,51 \times 10^{-3} & \dots & -1,38 \times 10^{-3} \end{bmatrix}_{2 \times 38}$$

Setelah mendapatkan matriks M , kemudian melakukan tranpose pada matriks M

$$\mathbf{M}^T = \begin{bmatrix} 0,19 & 0,01 \\ -0,20 \times 10^{-4} & 2,51 \times 10^{-3} \\ -0,59 & 3,16 \times 10^{-3} \\ \vdots & \vdots \\ -0,53 & 1,01 \times 10^{-3} \\ -1,67 & -1,38 \times 10^{-3} \end{bmatrix}_{38 \times 2}$$

$$\mathbf{M} \mathbf{M}^T = \begin{bmatrix} 49,86 & 0,02 \\ 0,02 & 2,87 \times 10^{-4} \end{bmatrix}_{2 \times 2}$$

Setelah mendapatkan hasil perkalian dari matriks M dan M^T , kemudian mengambil diagonal ke- p pada matriks $M M^T$.

$$\mathbf{M} \mathbf{M}^T = \begin{bmatrix} 49,86 & 2,87 \times 10^{-4} \end{bmatrix}$$

Setelah itu menghitung sigma dengan rumus $\hat{\sigma}^2 = \frac{\mathbf{y}^T(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S})\mathbf{y}}{\text{tr}((\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}))}$

$$\mathbf{y}^T(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}) = 13,85$$

$$(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}) = \begin{bmatrix} 0,11 & -0,15 & \cdots & 0,02 \\ -0,15 & 0,74 & \cdots & -0,07 \\ -0,06 & -0,11 & \cdots & -0,02 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -0,01 & 0,04 & \cdots & 0,12 \\ 0,02 & -0,07 & \cdots & 0,63 \end{bmatrix}_{38 \times 38}$$

$$\text{tr}(\mathbf{I}-\mathbf{S})^T(\mathbf{I}-\mathbf{S}) = 24,13$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{13,85}{24,13}} = 0,76$$

$$\hat{\sigma}\sqrt{M_{pp}} = \begin{bmatrix} 5,35 & 0,01 \end{bmatrix}$$

$$t_{\text{global}} = \frac{\hat{\beta}_l}{\hat{\sigma}\sqrt{m_{pp}}} = \frac{\begin{bmatrix} -5,11 & 8,06 \times 10^{-3} \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 5,35 & 0,01 \end{bmatrix}}$$

$$t_{\text{lokal}} = \begin{bmatrix} -0,95 & -0,63 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan perhitungan t hitung lokal di Kabupaten Pacitan didapatkan thitung $< t_{0,025;36,079} = 2.02794$ artinya tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari variabel lokal X_3 pada Kabupaten Pacitan.

Tabel 4.19 Tabel Uji Parsial Variabel Lokal

| Variabel Signifikan | Kabupaten/Kota |
|---------------------|--|
| - | Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Kediri, Malang, Jombang, Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Tuban, Kota Kediri, Kota Blitar, Kota Malang, Kota Madiun, Kota Batu |
| X ₃ | Lumajang, Jember, Banyuwangi, Bondowoso, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Sidoarjo, Mojokerto, Lamongan, Gresik, Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Sumenep, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, Kota Surabaya |

Hasil uji parsial variabel lokal pada Tabel 4.19 menunjukkan bahwa terdapat variabel yang tidak signifikan di beberapa wilayah penelitian, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kayu sebagai bahan bakar utama untuk memasak berperan dalam menjelaskan variasi variabel respon secara lokal, sehingga pengaruhnya tidak seragam di seluruh wilayah penelitian.

Adapun hasil dari variabel global dan lokal yang signifikan sebagai berikut :

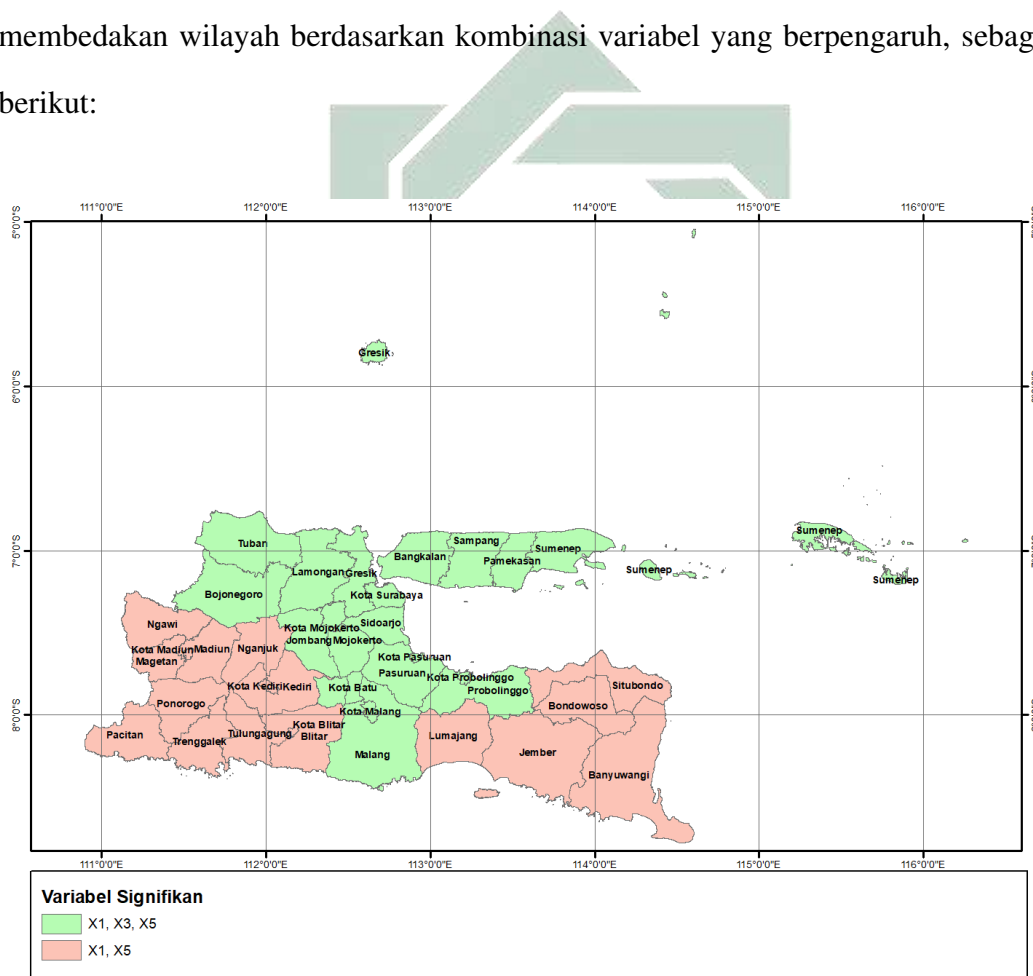
Tabel 4.20 Tabel Uji Parsial Variabel Lokal dan Variabel Global

| Variabel Signifikan | Kabupaten/Kota |
|---------------------|--|
| X_1, X_5 | Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Kediri, Malang, Jombang, Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Tuban, Kota Kediri, Kota Blitar, Kota Malang, Kota Madiun, Kota Batu |
| X_1, X_3, X_5 | Lumajang, Jember, Banyuwangi, Bondowoso, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Sidoarjo, Mojokerto, Lamongan, Gresik, Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Sumenep, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, Kota Surabaya |

Berdasarkan Tabel 4.20, variabel persentase penduduk miskin (X_1) dan persentase penderita HIV (X_5) menunjukkan signifikansi di seluruh wilayah penelitian. Di wilayah Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Kediri, Malang, Jombang, Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Tuban, Kota Kediri, Kota Blitar, Kota Malang, Kota Madiun, dan Kota Batu, hanya X_1 dan X_5 yang signifikan, menunjukkan bahwa kedua variabel ini memiliki pengaruh konsisten terhadap variabel respon di wilayah tersebut. Sementara itu, di wilayah Lumajang, Jember, Banyuwangi, Bondowoso, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Sidoarjo, Mojokerto, Lamongan, Gresik, Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Sumenep, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, dan Kota Surabaya, selain X_1 dan X_5 , variabel persentase rumah tangga dengan bahan bakar utama kayu (X_3) juga signifikan. Ini menunjukkan bahwa di daerah tersebut, faktor sosial ekonomi dan kesehatan berperan bersamaan dengan faktor lingkungan dalam memengaruhi variabel respon.

4.10. Pemetaan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan menggunakan metode MGWR didapatkan variabel global dan lokal yang signifikan di Jawa Timur pada Tabel 4.20, untuk mempermudah visualisasi hasil, dapat dibuat peta yang menunjukkan distribusi wilayah dengan variabel signifikan. Peta ini akan membedakan wilayah berdasarkan kombinasi variabel yang berpengaruh, sebagai berikut:



Gambar 4.9 Peta variabel yang berpengaruh terhadap Kasus *Tuberculosis* di Jawa Timur

Berdasarkan pada peta gambar 4.9 didapatkan 2 kelompok yang terbentuk menggunakan metode MGWR dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian* yaitu kelompok 1 terdiri dari variabel persentase penduduk miskin (X_1), persentase

rumah tangga dengan bahan bakar utama untuk memasak kayu (X_3), dan persentase penderita HIV (X_5), dan kelompok 2 terdiri dari variabel persentase penduduk miskin (X_1) dan persentase rumah tangga dengan bahan bakar utama untuk memasak kayu (X_3). Berikut salah satu contoh model yang terbentuk dari model MGWR pada faktor penentu tuberkulosis :

$$Y_{\text{Pacitan}} = 0,95 + 0,14X_1 + 0,01X_2 - 5,10 + 8 \times 10^{-3}X_3 + 0,03X_4 \\ + 0,88X_5 - (5,13 \times 10^{-3})X_6 + (6,28 \times 10^{-3})X_7$$

Model yang diperoleh menunjukkan bahwa koefisien untuk persentase penduduk miskin (X_1) memiliki pengaruh positif terhadap kasus tuberkulosis (y) sebesar 0,14. Hal ini berarti bahwa setiap peningkatan satu persen pada persentase penduduk miskin akan menyebabkan peningkatan sebesar 0,14 persen pada persentase kasus tuberkulosis, dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan. Persentase penderita HIV (X_5) juga memiliki pengaruh positif terhadap kasus tuberkulosis (y) sebesar 0,88. Hal ini berarti bahwa setiap peningkatan satu persen pada persentase penduduk miskin akan menyebabkan peningkatan sebesar 0,88 persen pada persentase kasus tuberkulosis, dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan. Salah satu contoh model lain yang terbentuk dari model MGWR pada faktor penentu tuberkulosis dengan lokasi tertinggi kasus tuberkulosis sebagai berikut :

$$\hat{Y}_{\text{Kota Surabaya}} = -3,8389 + 0,1447X_1 + 0,0101X_2 - 0,0972X_3 + 0,0313X_4 \\ + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$$

Model yang diperoleh pada Kota Surabaya menunjukkan bahwa koefisien untuk persentase penduduk miskin (X_1) terhadap kasus tuberkulosis (y) sebesar 0,14.

Hal ini berarti bahwa setiap peningkatan satu persen pada persentase penduduk miskin akan menyebabkan peningkatan sebesar 0,14 persen pada persentase kasus tuberculosis, dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan. Persentase penderita HIV (X_5) terhadap kasus tuberculosis (y) sebesar 0,88. Hal ini berarti bahwa setiap peningkatan satu persen pada persentase penduduk miskin akan menyebabkan peningkatan sebesar 0,88 persen pada persentase kasus tuberculosis, dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan. Persentase memasak menggunakan bahan bakar utama kayu (X_3) terhadap kasus tuberculosis (y) sebesar 0,09. Hal ini berarti bahwa setiap peningkatan satu persen pada persentase menggunakan bahan bakar utama kayu akan menyebabkan pengurangan sebesar 0,09 persen pada persentase kasus tuberculosis, dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan.

4.11. Ukuran Kebaikan Model

Ukuran kebaikan model dalam penelitian ini menggunakan koefisien determinasi, MAPE, dan AIC.

4.11.1. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi dalam regresi, yang dikenal sebagai R^2 digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana model dapat menjelaskan variasi dalam variabel respon, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan model yang lebih baik. Jika mendekati 1, model dianggap efektif, sedangkan jika mendekati 0, model kurang mampu menjelaskan variabilitas data. Perhitungan koefisien determinasi

menggunakan persamaan 2.52.

$$\begin{aligned}
 R_{\text{regresi linier}}^2 &= 1 - \frac{\sum_{i=1}^{38} (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \\
 &= 1 - \frac{22,41}{186,05} \\
 &= 0,88
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{GWR}}^2 &= 1 - \frac{\sum_{i=1}^{38} (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \\
 &= 1 - \frac{7,04}{186,05} \\
 &= 0,96
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{MGWR}}^2 &= \frac{\sum_{i=1}^{38} (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \\
 &= \frac{13,85}{163,65} \\
 &= 0,92
 \end{aligned}$$

4.11.2. AIC

AIC adalah metode yang digunakan untuk menilai kualitas suatu model dengan mengukur sejauh mana model tersebut mampu menghasilkan estimasi parameter yang mendekati nilai sebenarnya dari populasi. Pemilihan model terbaik berdasarkan nilai AIC paling kecil, perhitungan AIC menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}
 AIC_{\text{regresi linier}} &= 2k - 2\ln(L) \\
 &= 2(9) - 2(-43.8842799705777) \\
 &= 18 + 87.7685599411554 \\
 &= 105.77
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AIC_{GWR} &= (2n \log(\sigma_{GWR})) + (n \log(2\pi)) + n + tr(S_{GWR}) \\
 &= (2(38) \log(0,43)) + (38 \log(2\pi)) + 38 + 20,86 \\
 &= 64,64
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AIC_{MGWR} &= (2n \log(\sigma_{MGWR})) + (n \log(2\pi)) + n + tr(S_{MGWR}) \\
 &= (2(38) \log(0,76)) + (38 \log(2\pi)) + 38 + 12,06 \\
 &= 98,81
 \end{aligned}$$

4.11.3. MAPE

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) mengukur tingkat akurasi metode peramalan dengan menghitung rata-rata perbedaan absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual dalam bentuk persentase (Nabillah & Ranggadara, 2020). Nilai MAPE yang lebih kecil menunjukkan model yang lebih akurat, dengan kategori evaluasi mulai dari sangat baik (< 10%) hingga buruk (> 50%).

$$\begin{aligned}
 MAPE_{\text{regresi linier}} &= \frac{1}{38} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \right) \times 100 \\
 &= 33,59
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MAPE_{GWR} &= \frac{1}{38} \sum_{i=1}^{38} \left(\frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \right) \times 100 \\
 &= 17,13
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MAPE_{MGWR} &= \frac{1}{38} \sum_{i=1}^{38} \left(\frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \right) \times 100 \\
 &= 21,21
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan kebaikan model pada Tabel 4.21 menunjukkan hasil

Tabel 4.21 Hasil ukuran kebaikan dari Regresi Linier Berganda, GWR, dan MGWR

| Metode | AIC | R^2 | MAPE (%) |
|-------------------------|--------|-------|----------|
| Regresi Linier Berganda | 105,77 | 0.88 | 33,59 |
| GWR | 64,64 | 0.96 | 17,13 |
| MGWR | 98,81 | 0.92 | 21,21 |

evaluasi model berdasarkan AIC, R^2 , dan MAPE. MGWR memiliki AIC sebesar 98,81, R^2 sebesar 0,92, dan MAPE sebesar 21,21%, yang mencerminkan kemampuannya dalam menangkap variasi data dengan mempertimbangkan skala lokal dan global secara bersamaan. Sementara itu, regresi linier sebagai model global memiliki AIC sebesar 105,77, R^2 sebesar 0,88, dan MAPE sebesar 33,59%, sedangkan GWR sebagai model lokal memiliki AIC sebesar 64,64, R^2 sebesar 0,96, dan MAPE sebesar 17,13%.

4.12. Diskusi Hasil Penelitian

Perhitungan menggunakan persamaan 2.3, berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan 2.3 didapatkan hasil nilai reset 19,68 dengan pvalue 0,0001211 dimana nilai tersebut kurang dari α 0,05 sehingga dapat ditarik kesimpulan Tolak H_0 model terdeteksi non-linier. Meskipun demikian, penelitian tetap dapat dilanjutkan dengan pendekatan *Geographically Weighted Regression* (GWR) dan *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR). Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa karakteristik data dalam penelitian ini tidak memenuhi sifat identik atau terdapat variasi residual pada Tabel 4.7 dan uji BP test heterogenitas spasial pada Tabel 4.8. Oleh karena itu, metode yang mempertimbangkan aspek spasial menjadi lebih sesuai untuk menganalisis pola hubungan antar variabel di setiap lokasi dalam wilayah penelitian.

Hasil evaluasi model pada Tabel 4.21 menunjukkan bahwa MGWR memiliki AIC 98,81, R^2 0,92, dan MAPE 21,21%, mencerminkan kemampuannya

dalam menangkap variasi data secara lokal dan global. Sementara itu, regresi linier (model global) memiliki AIC 105,77, R^2 0,88, dan MAPE 33,59%, sedangkan GWR (model lokal) menunjukkan AIC 64,64, R^2 0,96, dan MAPE 17,13%. Meskipun GWR menunjukkan kinerja yang lebih baik dari segi AIC, R^2 , dan MAPE, hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya oleh (Noorcintanami et al., 2021), yang menyatakan bahwa MGWR cenderung memiliki AIC lebih tinggi, R^2 sedikit lebih rendah, dan MAPE lebih besar karena mempertimbangkan efek lokal dan global secara bersamaan.

4.13. Pemetaan Kasus Tuberkulosis dalam Pandangan Islam

Dalam Islam, menjaga kesehatan dan mencegah penyebaran penyakit merupakan bagian dari tanggung jawab manusia dalam memelihara kehidupan. Hal ini sesuai dengan firman Allah dalam QS. Al-Maidah (5): 32.

... وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَا أَحْيَا النَّاسَ جَمِيعًا وَلَقَدْ جَاءَتْهُمْ رُسُلُنَا بِالْبَيِّنَاتِ ثُمَّ إِنَّ كَثِيرًا مِّنْهُمْ
بَعَدَ ذَلِكَ فِي الْأَرْضِ لَمُسْرِفُونَ

Terjemahan: *Dan barangsiapa yang memelihara kehidupan seorang manusia maka seolah-olah dia telah memelihara kehidupan manusia seluruhnya. Dan sesungguhnya telah datang kepada mereka rasul-rasul Kami dengan membawa keterangan yang jelas, kemudian banyak diantara mereka itu sungguh telah melampaui batas dalam berbuat kerusakan di muka bumi*

Ayat ini menggarisbawahi bahwa segala upaya dalam melindungi kesehatan masyarakat, termasuk pemetaan faktor risiko dan mitigasi penyakit seperti tuberkulosis, merupakan bagian dari ikhtiar dalam menjaga nyawa (hifzh an-nafs), yang merupakan salah satu prinsip utama dalam maqashid syariah. Islam sangat mendorong pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam menyelesaikan

berbagai permasalahan sosial, termasuk dalam bidang kesehatan. Pemetaan spasial menggunakan *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) memungkinkan identifikasi daerah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap tuberkulosis. Dengan informasi ini, pemerintah dan tenaga kesehatan dapat mengambil langkah intervensi yang lebih efektif, seperti peningkatan akses layanan kesehatan, perbaikan kondisi lingkungan, serta edukasi masyarakat mengenai pencegahan penyakit. Upaya ini selaras dengan ajaran Islam yang menekankan pentingnya usaha dalam menjaga kesejahteraan dan kesehatan umat.

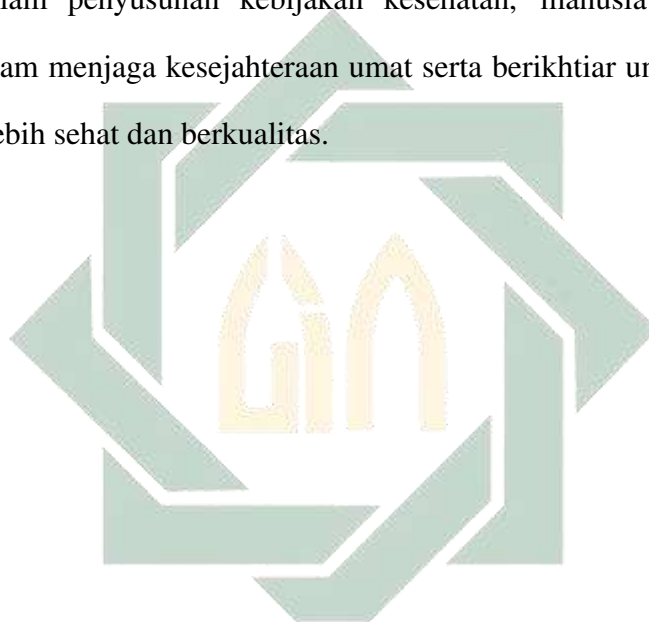
Nabi Muhammad SAW juga telah mengajarkan prinsip pencegahan penyakit dan mitigasi kesehatan sejak dahulu. Dalam sebuah hadis yang diriwayatkan oleh Imam Bukhari dan Muslim, Rasulullah SAW bersabda:

قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ الطَّاعُونَ آيَةُ الرَّجْزِ ابْتَلَى اللَّهُ عَزَّ وَجَلَّ بِهِ نَاسًا مِنْ عِبَادِهِ فَإِذَا سَمِعْتُمْ بِهِ فَلَا تَدْخُلُوا عَلَيْهِ وَإِذَا وَقَعَ بِأَرْضِ وَأَنْتُمْ بِهَا فَلَا تَفِرُّوا مِنْهُ

Terjemahan: *Rasulullah shallallahu ‘alaihi wasallam* bersabda: “*Tha’un* (wabah penyakit menular) adalah suatu peringatan dari Allah Subhanahu Wa Ta’ala untuk menguji hamba-hamba-Nya dari kalangan manusia. Maka apabila kamu mendengar penyakit itu berjangkit di suatu negeri, janganlah kamu masuk ke negeri itu. Dan apabila wabah itu berjangkit di negeri tempat kamu berada, jangan pula kamu lari daripadanya.” (HR Bukhari dan Muslim dari Usamah bin Zaid).

Hadis ini menunjukkan bahwa konsep isolasi dan pengendalian penyebaran penyakit telah diajarkan dalam Islam jauh sebelum ilmu medis modern berkembang. Prinsip ini sangat relevan dengan strategi penanggulangan tuberkulosis melalui pemetaan spasial, yang bertujuan untuk memahami pola

penyebaran penyakit dan mengarahkan kebijakan kesehatan agar lebih tepat sasaran. Oleh karena itu, pemetaan faktor penentu tuberkulosis menggunakan pendekatan MGWR bukan sekadar metode ilmiah dalam menganalisis penyebaran penyakit, tetapi juga mencerminkan ajaran Islam yang menekankan perlindungan terhadap nyawa dan kesehatan masyarakat. Dengan memanfaatkan pendekatan berbasis data dalam penyusunan kebijakan kesehatan, manusia menjalankan amanah Allah dalam menjaga kesejahteraan umat serta berikhtiar untuk mencapai kehidupan yang lebih sehat dan berkualitas.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis faktor penentu tuberkulosis di Jawa Timur menggunakan metode *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR), dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pemodelan faktor penentu kasus tuberkulosis di Jawa timur menggunakan MGWR dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian* model ini mampu menangkap variasi spasial dalam hubungan antara variabel prediktor dan kasus tuberkulosis di setiap wilayah. Dengan mempertimbangkan skala lokal dan global secara bersamaan, MGWR memberikan estimasi parameter yang lebih fleksibel dan sesuai dengan karakteristik masing-masing daerah, sehingga dapat menggambarkan pola penyebaran kasus tuberkulosis secara lebih akurat dibandingkan model global. Salah satu model MGWR yang terbentuk dalam penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_{\text{Pacitan}} = 0,95 + 0,14X_1 + 0,01X_2 - 5,10 + 8 \times 10^{-3}X_3 + 0,03X_4 \\ + 0,88X_5 - (5,13 \times 10^{-3})X_6 + (6,28 \times 10^{-3})X_7$$

2. Setelah dilakukan estimasi parameter model dilakukan pemetaan sebagai berikut 4.9 didapatkan 2 kelompok yang terbentuk menggunakan metode MGWR dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian* yaitu kelompok 1 terdiri dari variabel persentase penduduk miskin (X_1), persentase rumah tangga

dengan bahan bakar utama untuk memasak kayu (X_3), dan persentase penderita HIV (X_5) daerah yang signifikan pada variabel tersebut yaitu Lumajang, Jember, Banyuwangi, Bondowoso, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Sidoarjo, Mojokerto, Lamongan, Gresik, Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Sumenep, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, Kota Surabaya. kelompok 2 terdiri dari variabel persentase penduduk miskin (X_1) dan persentase penderita HIV (X_5) daerah yang signifikan pada variabel tersebut yaitu Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Kediri, Malang, Jombang, Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Tuban, Kota Kediri, Kota Blitar, Kota Malang, Kota Madiun, Kota Batu.

5.2. Saran

Setelah mendapatkan hasil dari analisis faktor penentu tuberkulosis di Jawa Timur menggunakan MGWR, beberapa saran dari penulis yaitu :

1. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan variabel-variabel baru yang lebih relevan terhadap kasus tuberkulosis agar analisis yang dilakukan semakin komprehensif. Dengan demikian, hasil penelitian dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai faktor-faktor yang memengaruhi penyebaran tuberkulosis serta mendukung perumusan kebijakan yang lebih efektif dalam upaya pencegahan dan penanggulangan penyakit ini. Selain itu, dapat dilakukan analisis terhadap hubungan antarvariabel atau menggunakan metode yang lebih baik untuk mengungkap pola yang mungkin belum terlihat dalam penelitian sebelumnya.
2. Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam uji nonlinieritas, di mana asumsi linearitas digunakan, meskipun hasil menunjukkan adanya variabel yang

bersifat nonlinier. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya akan dikembangkan dengan pendekatan semiparametrik menggunakan data yang sama untuk menangkap pola hubungan yang lebih kompleks.

3. Dalam penelitian ini, didapatkan bahwa variabel yang berpengaruh signifikan secara global adalah persentase kemiskinan dan persentase HIV, sedangkan secara lokal adalah persentase penggunaan kayu bakar sebagai bahan bakar utama untuk memasak. Oleh sebab itu, perlu adanya kebijakan yang berfokus pada pengentasan kemiskinan, peningkatan akses layanan kesehatan bagi penderita HIV, serta penyediaan bahan bakar alternatif yang lebih sehat guna mengurangi risiko penyebaran tuberkulosis di Jawa Timur.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, F., Yundari, Y., & Aprizkiyandari, S. (2023). Geographically Weighted Ridge Regression Modeling At the Open Unemployment Rate in West Kalimantan. *Jurnal Diferensial*, 5(2), 83–95.
- Aisyaroh, S. H. & Yudhastuti, R. (2023). Gambaran Sanitasi Tempat Pengelolaan Pangan di Wilayah Perimeter Pelabuhan Tanjungwangi Banyuwangi 2022. *Media Gizi Kesmas*, 12(2), 920–926.
- Ali, A., Umam, I. H., Dwi, M., Mannesa, M., & Sa, U. (2022). Pemodelan Distribusi Spasial Kasus Positif Covid-19 Menggunakan Algoritma Geographically Weighted Regression (GWR) Studi Kasus Provinsi Dki Jakarta (Modeling Spatially Distribution Of Covid-19 Using Geographically Weighted Regression). (pp. 11–18).
- Alvionita, V. (2024). Pemodelan Persentase Kematian Bayi Neonatal di Jawa Timur Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (GWR). PhD thesis.
- Arianti, R. D. (2023). Identifikasi Model Spasial Geographically Weighted Regression Pada Penyebaran Covid-19 Di Jawa Timur. PhD thesis.
- baringbing, I. J., Rini, W. N. E., & Putri, F. E. (2023). Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Perilaku Higiene Penjamah Makanan pada Pangan Industri Rumah Tangga di Kecamatan Geragai Tahun 2022. *Jurnal Kesmas Jambi*, 7(1), 31–40.

BPK (2022). Peraturan Gubernur (PerGub) Provinsi Jawa Timur Nomor 50 Tahun 2022 Penanggulangan Penyakit Tuberkolosis. 9, 356–363.

BPS Indonesia (2023). Distribusi Persentase Rumah Tangga Menurut Provinsi dan Bahan Bakar Utama untuk Memasak, 2023 - Tabel Statistik — [shorturl.at. https://shorturl.at/F4pn0](https://shorturl.at/F4pn0). [Accessed 17-12-2024].

BPS Jatim (2023a). Distribusi Persentase Rumah Tangga Menurut Kabupaten/Kota dan Bahan Bakar Utama untuk Memasak di Provinsi Jawa Timur, 2023. <https://shorturl.at/2Gq6B>. [Accessed 09-12-2024].

BPS Jatim (2023b). Persentase Penduduk Miskin Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Timur - Tabel Statistik — [shorturl.at. https://shorturl.at/DKvVi](https://shorturl.at/DKvVi). [Accessed 09-12-2024].

BPS Jatim (2023c). Persentase Rumah Tangga yang Memiliki Akses Terhadap Sanitasi Layak Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur. <https://shorturl.at/ZLzzP>. [Accessed 09-12-2024].

BPS Jatim (2024). Kasus Penyakit Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Penyakit di Provinsi Jawa Timur, 2023 - Tabel Statistik — [jatim.bps.go.id. https://shorturl.at/2Q7zu](https://jatim.bps.go.id). [Accessed 09-12-2024].

Budi, W. S., Raharjo, M., & Nurjazuli, N. (2024). Hubungan Perilaku Masyarakat dengan Kejadian Tuberkulosis di Kecamatan Panekan Kabupaten Magetan. 23(3), 267–272.

Caraka, R. E. & Yasin, H. (2017). Geographically Weighted Regression (GWR) Sebuah Pendekatan Regresi Geografis. Yogyakarta: Mobius, 1 edition.

- Cholid, F. (2023). Perbandingan Geographically Weighted Regression dengan Mixed Geographically Weighted Regression. *Statistika*, 23(2), 96–109.
- Cholid, F., Trishnanti, D., & Al Azies, H. (2019). Pemetaan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Stunting pada Balita dengan Geographically Weighted Regression(GWR). *SEMNAKes*, (pp. 156–165).
- Dinkes Jatim (2023). Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur Tahun 2023.
- Dong, Y. (2023). Descriptive Statistics and Its Applications. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 47, 16–23.
- Erlando (2023). Dampak Gaya Kepemimpinan Otoriter terhadap Kinerja Pegawai: Studi Kasus pada Kantor Dinas Pendidikan Provinsi Sulawesi. *JIMS : Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 1(1), 20–30.
- Esther, D. S., Andini, A., Yanti, R. D., & Hidayati, N. (2023). Pemodelan Konsumsi Beras Menggunakan Geographically Weighted Regression (Gwr). *Jurnal Ilmiah Sain dan Teknologi*, 1(3), 27–36.
- Fadliana, A. & Darajat, P. P. (2021). Pemetaan Faktor Risiko Stunting Berbasis Sistem Informasi Geografis Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression. *Jurnal IkraiTth-Informatika*, 5(3), 91–102.
- Farida, Y., Farmita, M., Intan, P. K., Khaulasari, H., & Wibowo, A. T. (2024a). Modeling Crime in East Java Using Spatial Durbin Model Regression. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 18(3), 1497–1508.
- Farida, Y., Refiana Nurfadila, M., Keumala Intan, P., Khaulasari, H., Ulinnuha, N., Dianita Utami, W., & Yuliati, D. (2024b). Modeling the Flood Disaster

in South Kalimantan Using Geographically Weighted Regression and Mixed Geographically Weighted Regression. *ITM Web of Conferences*, 58, 04004.

Fotheringham, A. S., Brunsdon, C., & Charlton, M. (2004). *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*, volume 86.

Haining, R. P. (2003). *Spatial Data Analysis: Theory and Practice*. Cambridge University Press.

Handayani, A. P., Deliar, A., Sumarto, I., & Syabri, I. (2020). Bandwidth Modelling on Geographically Weighted Regression with Bisquare Adaptive Method using Kriging Interpolation for Land Price Estimation Model. *Indonesian Journal of Geography*, 52(1), 36–41.

Hapsery, A. & Trishananti, D. (2021). Aplikasi Geographically Weighted Regression (Gwr) Untuk Pemetaan Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Aktivitas Literasi Membaca Di Indonesia Alfisyahrina Hapsery, Dea Trishnanti. *J. Ris. Ap. Mat*, 05(02), 80–91.

Harahap, R. N. (2022). Implementasi Geographically Weighted Regression (GWR) Dan Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) Dalam Perhitungan Jumlah Penduduk Miskin. (pp. 1–107).

Hermanto, E. M. P., Athoillah, M., Hamidah, W. N., & Pramana Putra, D. (2021). Pelatihan Penggunaan Software R untuk Menguji Perbandingan Berganda dan Asumsi Residual pada Rancangan Percobaan. 1(4), 449–458.

Karim, A. & Utomo, A. P. (2022). Analisis Variabel-variabel yang Memengaruhi Insiden Tuberkulosis di Provinsi Jawa Timur Tahun 2022 (Analysis of Factors

- Influencing The Incidence of Tuberculosis in East Java Province in 2022). 2022, 163–172.
- Kartika, S. & Kholijah, G. (2020). Penggunaan Metode Geographically Weighted Regression (GWR) Untuk Mengestimasi Faktor Dominan yang Mempengaruhi Penduduk Miskin di Provinsi Jambi. *Journal of Mathematics: Theory and Applications*, 2(2), 37–45.
- Kementerian Kesehatan (2023). Laporan program penanggulangan tuberkulosis tahun 2022. *Jakarta, Indonesia*.
- Kementerian Kesehatan (2024). Dashboard Tuberkulosis Indonesia. <https://tbindonesia.or.id/pustaka-tbc/dashboard/>.
- Khariyani, A. M., Kismiantini, K., & Setiawan, E. P. (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.
- Khaulasari, H. & Farida, Y. (2024). Analyzing Factors Contributing to Gender Inequality in Indonesia using the Spatial Geographically Weighted Logistic Ordinal Regression Model. (October 2024).
- Kondo Lembang, F., Ilwaru, V. Y. I., & Lewaherilla, N. (2023). Pemodelan Regresi Nonparametrik Spline Dan Aplikasinya Pada Indeks Kebahagiaan Provinsi Di Indonesia. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, 7(1), 56–65.
- Latif, A. I., Tiala, N. H., & Mshuddin, L. (2023). *Tuberkulosis: Tinjauan Medis, Asuhan Keperawatan, dan E-Health*. CV. Ruang Tentor.

- Leni, D., Earnestly, F., Sumiati, R., Adriansyah, A., & Kusuma, Y. (2023). Evaluasi sifat mekanik baja paduan rendah berdasarkan komposisi kimia dan suhu perlakuan panas menggunakan teknik exploratory data analysis (EDA). *Dinamika Teknik Mesin*, 13(1), 74.
- Leon, F. F. M., Sukartini, T., Makhfudli, M., & Luwarsih, H. W. (2024). Model Dukungan Sosial Berbasis Health Belief Model untuk Meningkatkan Penerimaan Diri terhadap Stigma dan Diskriminasi Pasien TB. *Journal of Telenursing (JOTING)*, 6(1), 394–402.
- Leung, Y., Mei, C.-l., & Zhang, W.-x. (2000). Statistical tests for spatial nonstationarity based on the geographically weighted regression model. 32(3), 9–32.
- Luku, I. N. & Suryowati, K. (2022). Aplikasi Metode Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis (GWRPCA) Pada Pemodelan Laju Pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto Di Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, 07(2), 12–22.
- Ma, Z. & Fan, H. (2023). Influential factors of tuberculosis in mainland China based on MGWR model. *Plos One*, 18(8 August), 1–23.
- Mahara, D. O. & Fauzan, A. (2021). Impacts of Human Development Index and Percentage of Total Population on Poverty using OLS and GWR models in Central Java, Indonesia. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*, 2(2), 142–154.
- Mardiatmoko, G. (2020). Pentingnya Uji Asumsi Klasik Pada Analisis Regresi Linier Berganda. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 14(3), 333–342.

- Marini, M., Ofarimawan, D., & Ambarita, L. P. (2021). Hubungan Sumber Air Minum Dengan Kejadian Diare Di Provinsi Sumatera Selatan. *Spirakel*, 12(1), 35–45.
- Masnarivan, Y., Haq, A., & Masrizal (2022). Pemodelan Faktor Risiko Tuberkulosis Paru Di Sumatera Barat. *JAMBI MEDICAL JOURNAL "Jurnal Kedokteran dan Kesehatan"*, 10(1), 68–80.
- Media Indonesia (2024). Peta Jawa Timur: Demografi, Batas, dan Kota. <https://mediaindonesia.com/nusantara/641962/peta-jawa-timur-demografi-batas-dan-kota>. [Accessed 23-11-2024].
- Mertanisih, N. M. (2013). *Buku Ajar Tuberkulosis Diagnostik Mikrobiologis*. Pusat Penerbitan dan Percetakan Unair (AUP).
- Mobalen, O. & Raka, I. M. (2022). *Panduan Self Management Peningkatan Imunitas Tubuh Orang HIV dan AIDS di Masa Pandemi COVID-19*. NEM.
- Muna, N. & Cahyati, W. H. (2019). Determinan Kejadian Tuberkulosis pada Orang dengan HIV/AIDS. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 3(2), 168–178.
- Nabillah, I. & Ranggadara, I. (2020). Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut. *JOINS (Journal of Information System)*, 5(2), 250–255.
- Ningrum, D. P., Saifudin, T., Suliyanto, S., & Chamidah, N. (2022). Tuberculosis Modeling in East Java Based on Geographically Weighted Regression Approach. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 19(1), 19–32.

- Ningsih, F., Ovany, R., & Anjelina, Y. (2022). Literature Review: Hubungan Pengetahuan terhadap Sikap Masyarakat tentang Upaya Pencegahan Penularan Tuberculosis. *Jurnal Surya Medika*, 7(2), 108–115.
- Noorcintanami, S., Widyaningsih, Y., & Abdullah, S. (2021). Geographically weighted models for modelling the prevalence of tuberculosis in Java. In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 1722.
- Noventy, N. N. R. & Suparta, I. W. (2023). Pengaruh Angka Kemiskinan Terhadap Angka Tuberculosis di Indonesia (Studi Kasus 6 Provinsi di Pulau Jawa) an Terhadap Angka Tuberculosis di Indonesia (Studi Kasus 6 Provinsi di Pulau Jawa). *Journal on Education*, 6(1), 8066–8076.
- Nugroho, S., Rini, D. S., Jomecho, T., Oktarina, C. R., Pratiwi, S. C., & Karuna, E. E. (2024). Spatial Modeling of Poverty in Bengkulu Province With Mixed Geographically Weighted Regression. *Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 18(2), 0759–0772.
- Oktarina, C. R., Putri, S. S., Pahlepi, R., & Hati, A. P. (2024). Pemetaan Spasial Keterkaitan Faktor Risiko Kematian Neonatal dengan Mixed Geographically Weighted Regression. 2(2).
- Pendi, P. (2021). Analisis Regresi Dengan Metode Komponen Utama Dalam Mengatasi Masalah Multikolinearitas. *Bimaster : Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 10(1), 131–138.
- Pralambang, S. D. & Setiawan, S. (2021). Faktor Risiko Kejadian Tuberculosis di Indonesia. *Jurnal Biostatistik, Kependudukan, dan Informatika Kesehatan*, 2(1), 60.

- Prameswari, A. (2023). Urgensi Penanggulangan TBC di Indonesia. <https://rc-gerid.unair.ac.id/id/urgensi-penanggulangan-tbc-di-indonesia/>. [Accessed 22-11-2024].
- Pramono, J. S. (2021). Literature Review: Risk Factors of Increasing Tuberculosis Incidence. *Jurnal Ilmiah PANNMED (Pharmacist, Analyst, Nurse, Nutrition, Midwifery, Environment, Dentist)*, 16(1), 106–113.
- Pranata, O. D. & Lorita, E. (2023). Analisis Korelasi Kemampuan Berbahasa Panah Dengan Kualitas Free-Body Diagram Siswa Pada Materi Dinamika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains (JPFS)*, 6(1), 22–31.
- Prasetyo, A., Salahuddin, S., & Amirullah, A. (2021). Prediksi Produksi Kelapa Sawit Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda. *Jurnal Infomedia*, 6(2), 76.
- Pratiwi, L. P. S. & Ayuningsih, N. P. M. (2023). Pemodelan Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) pada Kasus Penderita Diare di Provinsi Bali. *Saintifik*, 9(1), 18–27.
- Purnamasari, C. P. S. & Widyaningsih, Y. (2023). Perbandingan Performa Bandwidth CV, AICc, dan BIC pada Model Geographically Weighted Regression (Aplikasi pada Data Pengangguran di Pulau Jawa). *Inferensi*, 1(1), 71.
- Purwoko, S. (2018). Indikator Air Layak Minum dan Sanitasi Layak dalam Mendukung Upaya Kesehatan Lingkungan di Rumah Tinggal. *Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya Journal*, 1(1), 62–67.
- Rahmawati, N., Karno, F., & Hermanto, E. (2023). Analisis Penyakit Tuberkulosis

- (TBC) pada Provinsi Jawa Timur Tahun 2021 Menggunakan Geographically Weighted Regression (GWR). 6(2), 116–124.
- Ramsey, J. B. (1969). Tests for Specification Errors in Classical Linear Least-Squares Regression Analysis. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 31(2), 350–371.
- RI, S. D. (2023). Permasalahan dan Tantangan Penurunan Tuberkulosis (TBC) di Indonesia. *Buletin APBN*, VIII(November), 7–8.
- Romadhoni, R., Yanti, R., Nasution, T., & Anam, K. (2022). Analisis Faktor Hasil Produksi Kelapa Sawit Menggunakan Regresi Linier Berganda Studi Kasus : Koperasi Unit Desa (KUD) Setia Kawan Desa Koto Damai. *Formosa Journal of Science and Technology*, 1(4), 217–234.
- Rosalina, L., Oktarina, R., Rahmiati, & Saputra, I. (2023). Buku Ajar Statistika. *FEBS Letters*, 185(1), 4–8.
- Rosanti, I. W. & Budiantara, I. N. (2020). Pemodelan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Morbiditas Di Jawa Tengah Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. *Inferensi*, 3(2), 107.
- Sabillah, H. & Prasetyo, R. (2022). Pengaruh Upah Minimum , Telepon Seluler , dan Pengawasan Ketenagakerjaan terhadap Kewirausahaan dan Produktivitas Tenaga Kerja di Indonesia Tahun 2022. 2022, 249–258.
- Safitri, U. & Amaliana, L. (2021). Model Geographically Weighted Regression dengan Fungsi Pembobot Adaptive dan Fixed Kernel pada Kasus Kematian Ibu di Jawa Timur. *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*, 5(2), 208–220.

- 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.
- Saputra, B., Arifin, Z., & Merjani, A. (2020). Perbaikan Tata Letak Fasilitas Dengan Metode Systematic Layout Planning (Slp) Untuk Mengurangi Jarak Perpindahan Material (Studi Kasus Ukm Kerupuk Karomah). *PROFISIENSI: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, 8(1), 71–82.
- Sembiring, S. P. K. (2019). *Indonesia bebas tuberkulosis*. CV Jejak (Jejak Publisher).
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591.
- Sihaloho, E. D., Amru, D. S., Agustina, N. I., & Purba Tambak, H. S. (2021). Pengaruh Angka Kemiskinan Terhadap Angka Tuberkulosis Di Indonesia. *JABE (Journal of Applied Business and Economic)*, 7(3), 325.
- Sihaloho, E. D., Kamilah, F. Z., Rahma, G. R., Kusumawardani, S., Hardiawan, D., & Siregar, A. Y. (2020). Pengaruh Angka Tuberkulosis Terhadap Angka Kemiskinan Di Indonesia: Studi Kasus 407 Kabupaten Kota. *Jiep*, 20(2), 325–337.
- Sisman, S. & Aydinoglu, A. C. (2022). A modelling approach with geographically weighted regression methods for determining geographic variation and influencing factors in housing price: A case in Istanbul. *Land Use Policy*, 119, 106183.

Situmorang, S. R. & Susilawati, S. (2022). Pravalensi Jumlah Balita yang Mendapat Imunisasi Menurut Jenisnya di Kabupaten Labuhanbatu Utara. *PubHealth Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 1(2), 125–129.

Suherman, C. (2023). Korelasi Linier Sederhana (2 Variabel). https://jagoekonomi.com/2023/05/26/korelasi-linier-sederhana-2-variabel/#google_vignette. [Accessed 09-12-2024].

Sulistianingsih, E., Suparti, S., & Ispriyanti, D. (2023). Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia Di Jawa Tengah Menggunakan Metode Regresi Ridge Dan Regresi Stepwise. *Jurnal Gaussian*, 11(3), 468–477.

Suritman, S., Raupong, R., Kalondeng, A., Statistika, D., & Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2023). Pemodelan Mixed Geographically Weighted Regression yang Mengandung Multikolinearitas dengan Regresi Ridge. *Estimasi: Journal of Statistics and Its Application*, 4(1), 2721–379.

Suryani, F. T. & Ibad, M. (2022). Analisis Faktor Kepadatan Penduduk, Cakupan Rumah Sehat Dan Sanitasi Rumah Tangga Terhadap Kejadian Tuberkulosis Tahun 2018. *Jurnal sosial dan sains*, 2(10), 1086–1095.

Syukur, S. & Pakaya, W. (2018). Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian Tuberkulosis di Wilayah Kerja Puskesmas Bolangitang. *Jurnal Zaitun Universitas Muhammadiyah Gorontalo FAKTOR-FAKTOR*, (pp. 1–10).

Taek, Y., Dwi Becti, R., & Suryowati, K. (2023). Penerapan Model Geograpgically Weighted Regression (GWR) Menggunakan Fungsi Pembobot Adaptive Kernel Gaussian Dan Adaptive Kernel Bisquare Pada Tingkat Pengangguran Terbuka Di Pulau Papua. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, 08(2), 84–101.

- Vianti, F., Khaulasari, H., Farida, Y., Swantika, C., Vianti, F., Khaulasari, H., Farida, Y., & Swantika, C. (2024). Model Geographically Weighted Regression Menggunakan Adaptive Gaussian Kernel untuk Pemetaan Faktor Penyebab Stunting Model Geographically Weighted Regression Menggunakan Adaptive Gaussian Kernel untuk Pemetaan Faktor Penyebab Stunting. 12(2), 190–199.
- Wahyudi, R., Fauzi, Y., & Rizal, J. (2023). Analisis Kemiskinan Ekstrem Provinsi Bengkulu Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (Gwr) Dengan Pembobot Adaptive Gaussian Kernel Dan Adaptive Bi-Square. *Journal of Mathematics UNP*, 8(2), 134.
- Widodo, Purlinda, D. E., & Riadi, A. (2022). *Dasar-Dasar Mycobacterium Tuberculosis*. Pustaka Rumah C1nta.
- Wijaya, B. A., Prasetyo, J., & Santoso, S. R. P. S. (2021). Hubungan Tingkat Kecemasan dan Depresi pada Pengobatan Tuberkulosis. *Jurnal Edunursing*, 5(1), 10–22.
- World Health Organization (2023). *Global Tuberculosis Report*. Number March.
- Wulanda, A. F. & Delilah, S. (2021). Efektivitas Imunisasi BCG terhadap Kejadian Tuberkulosis Anak di Kabupaten Bangka. *Jurnal Kesehatan Poltekkes Kemenkes RI Pangkalpinang*, 9(1), 37–41.
- Zhang, L., Leng, L., Zeng, Y., Lin, X., & Chen, S. (2021). Spatial Distribution Of Rural Population Using Mixed Geographically Weighted Regression: Evidence From Jiangxi Province In China. *Plos One*, 16(4), 1–15.

LAMPIRAN A

LAMPIRAN

Tabel 1.1 Tabel Data Penelitian

| No. | Kab/Kota | Variabel | | | | | | | | | |
|-----|------------------|----------|--------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | u | v | Y | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ | X ₆ | X ₇ |
| 1 | Pacitan | -8,20 | 111,10 | 0,50 | 13,65 | 77,45 | 66,54 | 98,12 | 0,30 | 94,00 | 72,32 |
| 2 | Ponorogo | -7,87 | 111,46 | 1,59 | 9,53 | 89,79 | 27,33 | 99,09 | 1,34 | 90,98 | 62,36 |
| 3 | Trenggalek | -8,08 | 111,84 | 0,57 | 10,63 | 81,28 | 40,18 | 98,64 | 0,90 | 93,28 | 62,16 |
| 4 | Tulungagung | -8,07 | 111,91 | 1,81 | 6,53 | 87,85 | 14,36 | 93,28 | 3,45 | 98,87 | 78,36 |
| 5 | Blitar | -8,10 | 112,17 | 1,28 | 8,69 | 82,50 | 23,04 | 97,32 | 1,86 | 82,36 | 69,57 |
| 6 | Kediri | -7,95 | 111,96 | 2,66 | 10,72 | 92,13 | 6,35 | 92,06 | 2,68 | 89,07 | 56,34 |
| 7 | Malang | -7,98 | 112,63 | 3,91 | 9,45 | 84,03 | 10,95 | 95,03 | 3,63 | 67,99 | 79,93 |
| 8 | Lumajang | -8,14 | 113,22 | 2,89 | 8,93 | 77,48 | 23,81 | 87,46 | 4,79 | 85,37 | 55,84 |
| 9 | Jember | -8,17 | 113,70 | 6,44 | 9,51 | 64,47 | 20,10 | 95,04 | 8,08 | 91,36 | 68,59 |
| 10 | Banyuwangi | -8,21 | 114,37 | 3,52 | 7,34 | 82,63 | 9,62 | 93,26 | 5,10 | 92,09 | 71,01 |
| 11 | Bondowoso | -8,03 | 113,83 | 1,91 | 13,34 | 57,41 | 29,67 | 92,24 | 1,27 | 92,32 | 77,44 |
| 12 | Situbondo | -7,71 | 114,01 | 1,90 | 11,90 | 59,37 | 17,66 | 85,98 | 3,25 | 79,20 | 61,26 |
| 13 | Probolinggo | -7,77 | 113,24 | 2,72 | 17,19 | 66,12 | 28,43 | 88,37 | 2,66 | 78,23 | 56,40 |
| 14 | Pasuruan | -7,64 | 112,90 | 4,09 | 9,24 | 86,70 | 9,14 | 92,31 | 5,42 | 83,22 | 67,44 |
| 15 | Sidoarjo | -7,44 | 112,72 | 7,09 | 5,00 | 94,72 | 0,00 | 95,35 | 5,91 | 86,25 | 76,92 |
| 16 | Mojokerto | -7,46 | 112,43 | 2,47 | 9,80 | 89,38 | 0,87 | 98,12 | 2,86 | 76,88 | 91,45 |
| 17 | Jombang | -7,54 | 112,23 | 2,88 | 9,15 | 94,06 | 1,07 | 97,95 | 3,11 | 83,24 | 57,61 |
| 18 | Nganjuk | -7,60 | 111,90 | 1,68 | 10,89 | 87,83 | 7,12 | 99,28 | 2,99 | 93,28 | 73,70 |
| 19 | Madiun | -7,60 | 111,49 | 1,21 | 11,04 | 91,99 | 17,10 | 96,50 | 1,37 | 94,97 | 68,59 |
| 20 | Magetan | -7,66 | 111,32 | 1,03 | 9,80 | 92,90 | 7,46 | 94,80 | 1,05 | 97,03 | 68,56 |
| 21 | Ngawi | -7,65 | 111,33 | 1,57 | 14,40 | 85,42 | 17,14 | 98,49 | 0,85 | 96,16 | 58,93 |
| 22 | Bojonegoro | -7,16 | 111,87 | 3,18 | 12,18 | 92,63 | 7,70 | 93,11 | 3,60 | 93,72 | 85,68 |
| 23 | Tuban | -6,90 | 112,05 | 2,77 | 14,91 | 85,13 | 6,84 | 93,45 | 1,68 | 71,29 | 84,64 |
| 24 | Lamongan | -7,12 | 112,42 | 4,24 | 12,42 | 95,00 | 2,07 | 95,09 | 3,00 | 88,34 | 81,73 |
| 25 | Gresik | -7,16 | 112,65 | 4,17 | 10,96 | 95,00 | 0,28 | 92,66 | 2,32 | 75,04 | 61,13 |
| 26 | Bangkalan | -7,02 | 112,75 | 2,23 | 19,35 | 50,30 | 11,29 | 94,91 | 0,79 | 78,80 | 56,96 |
| 27 | Sampang | -7,20 | 113,47 | 1,85 | 21,76 | 82,86 | 10,19 | 89,87 | 0,45 | 61,01 | 37,11 |
| 28 | Pamekasan | -7,16 | 113,47 | 1,75 | 13,85 | 71,10 | 6,50 | 88,15 | 0,37 | 84,01 | 61,85 |
| 29 | Sumenep | -7,14 | 113,53 | 2,90 | 18,70 | 70,26 | 8,44 | 90,39 | 0,72 | 66,74 | 61,52 |
| 30 | Kota Kediri | -7,82 | 112,01 | 2,18 | 7,15 | 96,41 | 0,52 | 95,71 | 2,19 | 95,56 | 68,67 |
| 31 | Kota Blitar | -8,07 | 112,17 | 0,44 | 7,30 | 96,22 | 3,89 | 96,41 | 0,94 | 99,10 | 92,03 |
| 32 | Kota Malang | -7,98 | 112,63 | 3,31 | 4,26 | 86,36 | 0,00 | 92,55 | 4,80 | 91,65 | 68,74 |
| 33 | Kota Probolinggo | -7,76 | 113,21 | 0,97 | 6,48 | 88,27 | 2,08 | 89,48 | 0,93 | 95,43 | 99,44 |
| 34 | Kota Pasuruan | -7,64 | 112,90 | 0,97 | 6,60 | 91,73 | 0,07 | 88,25 | 0,65 | 91,84 | 64,80 |
| 35 | Kota Mojokerto | -7,47 | 112,43 | 1,02 | 5,77 | 96,48 | 0,00 | 96,50 | 0,76 | 90,00 | 90,24 |
| 36 | Kota Madiun | -7,63 | 111,51 | 1,17 | 4,74 | 98,18 | 0,65 | 97,98 | 1,50 | 95,71 | 89,73 |
| 37 | Kota Surabaya | -7,29 | 112,73 | 12,62 | 4,65 | 97,81 | 0,00 | 94,26 | 11,81 | 95,12 | 88,87 |
| 38 | Kota Batu | -7,87 | 112,52 | 0,50 | 3,31 | 95,06 | 0,16 | 98,51 | 0,65 | 96,38 | 72,89 |

Tabel 1.2 Tabel 1.2 Tabel Distribusi F

| df2 | df1 | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 161 | 199 | 216 | 225 | 230 | 237 | 239 | 241 | 242 |
| 2 | 18,51 | 19,00 | 19,16 | 19,30 | 19,30 | 19,33 | 19,37 | 19,38 | 19,40 |
| 3 | 10,13 | 9,55 | 9,28 | 9,12 | 9,06 | 8,94 | 8,89 | 8,85 | 8,81 |
| 4 | 7,71 | 6,94 | 6,59 | 6,39 | 6,26 | 6,09 | 6,02 | 5,96 | 5,91 |
| 5 | 6,61 | 5,79 | 5,41 | 5,19 | 5,05 | 4,95 | 4,88 | 4,82 | 4,77 |
| 6 | 5,99 | 5,14 | 4,76 | 4,53 | 4,39 | 4,28 | 4,20 | 4,14 | 4,10 |
| 7 | 5,59 | 4,74 | 4,35 | 4,12 | 3,97 | 3,87 | 3,79 | 3,73 | 3,69 |
| 8 | 5,32 | 4,46 | 4,07 | 3,84 | 3,69 | 3,58 | 3,50 | 3,44 | 3,39 |
| 9 | 5,12 | 4,26 | 3,88 | 3,65 | 3,50 | 3,39 | 3,31 | 3,25 | 3,20 |
| 10 | 4,96 | 4,10 | 3,71 | 3,48 | 3,33 | 3,22 | 3,14 | 3,08 | 3,03 |
| 11 | 4,75 | 3,89 | 3,49 | 3,26 | 3,11 | 3,00 | 2,92 | 2,86 | 2,80 |
| 12 | 4,67 | 3,81 | 3,41 | 3,18 | 3,03 | 2,93 | 2,85 | 2,79 | 2,73 |
| 13 | 4,54 | 3,69 | 3,28 | 3,06 | 2,91 | 2,81 | 2,73 | 2,67 | 2,61 |
| 14 | 4,49 | 3,63 | 3,22 | 3,00 | 2,85 | 2,75 | 2,67 | 2,61 | 2,55 |
| 15 | 4,41 | 3,55 | 3,16 | 2,93 | 2,77 | 2,66 | 2,58 | 2,51 | 2,46 |
| 16 | 4,49 | 3,63 | 3,24 | 3,00 | 2,85 | 2,74 | 2,66 | 2,60 | 2,55 |
| 17 | 4,45 | 3,59 | 3,20 | 2,96 | 2,81 | 2,70 | 2,62 | 2,56 | 2,51 |
| 18 | 4,41 | 3,55 | 3,16 | 2,92 | 2,76 | 2,66 | 2,58 | 2,52 | 2,47 |
| 19 | 4,38 | 3,52 | 3,13 | 2,89 | 2,74 | 2,63 | 2,55 | 2,49 | 2,44 |
| 20 | 4,35 | 3,49 | 3,10 | 2,86 | 2,71 | 2,60 | 2,52 | 2,46 | 2,41 |
| 21 | 4,32 | 3,47 | 3,07 | 2,83 | 2,68 | 2,58 | 2,50 | 2,44 | 2,39 |
| 22 | 4,30 | 3,44 | 3,05 | 2,82 | 2,66 | 2,55 | 2,47 | 2,41 | 2,36 |
| 23 | 4,28 | 3,42 | 3,02 | 2,80 | 2,64 | 2,53 | 2,45 | 2,39 | 2,34 |
| 24 | 4,26 | 3,40 | 3,01 | 2,78 | 2,62 | 2,51 | 2,42 | 2,36 | 2,31 |
| 25 | 4,24 | 3,39 | 2,99 | 2,76 | 2,60 | 2,49 | 2,40 | 2,34 | 2,29 |
| 26 | 4,23 | 3,37 | 2,98 | 2,75 | 2,59 | 2,48 | 2,39 | 2,33 | 2,28 |
| 27 | 4,21 | 3,36 | 2,96 | 2,73 | 2,57 | 2,46 | 2,37 | 2,31 | 2,26 |
| 28 | 4,20 | 3,34 | 2,95 | 2,72 | 2,55 | 2,45 | 2,36 | 2,30 | 2,25 |
| 29 | 4,18 | 3,33 | 2,93 | 2,70 | 2,53 | 2,43 | 2,34 | 2,28 | 2,23 |
| 30 | 4,17 | 3,32 | 2,92 | 2,69 | 2,52 | 2,42 | 2,33 | 2,27 | 2,22 |
| 31 | 4,16 | 3,30 | 2,91 | 2,68 | 2,50 | 2,40 | 2,31 | 2,25 | 2,20 |
| 32 | 4,15 | 3,29 | 2,90 | 2,67 | 2,49 | 2,39 | 2,30 | 2,24 | 2,19 |
| 33 | 4,13 | 3,28 | 2,89 | 2,66 | 2,47 | 2,38 | 2,29 | 2,23 | 2,18 |
| 34 | 4,12 | 3,27 | 2,88 | 2,65 | 2,46 | 2,37 | 2,28 | 2,22 | 2,17 |
| 35 | 4,11 | 3,26 | 2,87 | 2,63 | 2,45 | 2,36 | 2,27 | 2,21 | 2,16 |
| 36 | 4,11 | 3,25 | 2,86 | 2,62 | 2,43 | 2,35 | 2,26 | 2,20 | 2,15 |
| 37 | 4,10 | 3,24 | 2,85 | 2,61 | 2,42 | 2,34 | 2,25 | 2,19 | 2,14 |
| 38 | 4,09 | 3,23 | 2,85 | 2,60 | 2,41 | 2,33 | 2,24 | 2,18 | 2,13 |
| 39 | 4,08 | 3,22 | 2,84 | 2,59 | 2,40 | 2,32 | 2,23 | 2,17 | 2,12 |
| 40 | 4,08 | 3,21 | 2,83 | 2,58 | 2,39 | 2,31 | 2,22 | 2,16 | 2,11 |
| 41 | 4,07 | 3,21 | 2,82 | 2,57 | 2,38 | 2,30 | 2,21 | 2,15 | 2,10 |
| 42 | 4,07 | 3,21 | 2,81 | 2,56 | 2,37 | 2,29 | 2,20 | 2,14 | 2,09 |
| 43 | 4,07 | 3,21 | 2,81 | 2,55 | 2,36 | 2,28 | 2,19 | 2,13 | 2,08 |
| 44 | 4,06 | 3,21 | 2,81 | 2,54 | 2,35 | 2,27 | 2,18 | 2,12 | 2,07 |
| 45 | 4,06 | 3,20 | 2,81 | 2,54 | 2,34 | 2,26 | 2,17 | 2,11 | 2,06 |

Tabel 1.3 Tabel Distribusi T

| P | 0.25 | 0.20 | 0.10 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | 0.005 |
|----|---------|---------|---------|----------|----------|----------|-----------|
| df | 0.50 | 0.25 | 0.20 | 0.10 | 0.05 | 0.025 | 0.01 |
| 1 | 1.0000 | 3.07768 | 6.31375 | 12.70620 | 31.82052 | 63.65674 | 318.30884 |
| 2 | 0.81650 | 1.88562 | 2.91999 | 4.30265 | 6.96456 | 9.92484 | 22.32712 |
| 3 | 0.76489 | 1.63774 | 2.35336 | 3.18245 | 4.54070 | 5.84091 | 10.21453 |
| 4 | 0.74070 | 1.53321 | 2.13185 | 2.77645 | 3.74695 | 4.60409 | 7.17318 |
| 5 | 0.72669 | 1.47588 | 2.01505 | 2.57058 | 3.36493 | 4.03214 | 5.89343 |
| 6 | 0.71756 | 1.43975 | 1.94318 | 2.44691 | 3.14267 | 3.70743 | 5.20763 |
| 7 | 0.71114 | 1.41492 | 1.89458 | 2.36462 | 2.99795 | 3.49948 | 4.78529 |
| 8 | 0.70639 | 1.39682 | 1.85955 | 2.30600 | 2.89646 | 3.35539 | 4.50079 |
| 9 | 0.70272 | 1.38303 | 1.83311 | 2.26216 | 2.82144 | 3.24984 | 4.29681 |
| 10 | 0.69975 | 1.37218 | 1.81246 | 2.22814 | 2.76377 | 3.16927 | 4.14370 |
| 11 | 0.69745 | 1.36343 | 1.79588 | 2.20099 | 2.71808 | 3.10581 | 4.02470 |
| 12 | 0.69548 | 1.35622 | 1.78229 | 2.17881 | 2.68100 | 3.05454 | 3.92963 |
| 13 | 0.69383 | 1.35017 | 1.77093 | 2.16037 | 2.65031 | 3.01228 | 3.85198 |
| 14 | 0.69210 | 1.34504 | 1.75305 | 2.14479 | 2.62448 | 2.97684 | 3.78743 |
| 15 | 0.69012 | 1.34061 | 1.75305 | 2.13145 | 2.60248 | 2.94671 | 3.73283 |
| 16 | 0.68871 | 1.33676 | 1.74078 | 2.11991 | 2.58349 | 2.92078 | 3.68617 |
| 17 | 0.68769 | 1.33343 | 1.73961 | 2.10982 | 2.56693 | 2.89823 | 3.64577 |
| 18 | 0.68672 | 1.32773 | 1.72913 | 2.09302 | 2.55348 | 2.86093 | 3.57940 |
| 19 | 0.68603 | 1.32534 | 1.72472 | 2.08862 | 2.52792 | 2.84534 | 3.55181 |
| 20 | 0.68535 | 1.32319 | 1.72074 | 2.07961 | 2.51765 | 2.83136 | 3.52715 |
| 21 | 0.68363 | 1.32194 | 1.71717 | 2.07387 | 2.50828 | 2.81874 | 3.50540 |
| 22 | 0.68311 | 1.31946 | 1.71387 | 2.06866 | 2.49987 | 2.80734 | 3.48469 |
| 23 | 0.68144 | 1.31784 | 1.71088 | 2.06390 | 2.49216 | 2.79748 | 3.46678 |
| 24 | 0.68003 | 1.31614 | 1.70842 | 2.05954 | 2.48511 | 2.78843 | 3.44936 |
| 25 | 0.68803 | 1.30364 | 1.68488 | 2.02269 | 2.42584 | 2.70791 | 3.31279 |
| 30 | 0.68067 | 1.30308 | 1.68385 | 2.02108 | 2.42326 | 2.70446 | 3.30688 |
| 31 | 0.68276 | 1.31042 | 1.69726 | 2.04227 | 2.45726 | 2.74402 | 3.38518 |
| 32 | 0.68223 | 1.30857 | 1.69389 | 2.03693 | 2.44868 | 2.73848 | 3.36531 |
| 33 | 0.68179 | 1.30695 | 1.69092 | 2.03224 | 2.44115 | 2.73293 | 3.34736 |
| 34 | 0.68117 | 1.30691 | 1.69092 | 2.03224 | 2.44115 | 2.72383 | 3.33621 |
| 35 | 0.68093 | 1.30551 | 1.68893 | 2.02809 | 2.43449 | 2.71914 | 3.33262 |
| 36 | 0.68083 | 1.30423 | 1.68855 | 2.02439 | 2.42857 | 2.71516 | 3.31839 |
| 37 | 0.68010 | 1.30423 | 1.68855 | 2.02439 | 2.42857 | 2.71516 | 3.31839 |
| 38 | 0.68010 | 1.30423 | 1.68855 | 2.02439 | 2.42857 | 2.71516 | 3.31839 |
| 39 | 0.68003 | 1.30364 | 1.68488 | 2.02269 | 2.42584 | 2.70791 | 3.31279 |
| 40 | 0.68067 | 1.30308 | 1.68385 | 2.02108 | 2.42326 | 2.70446 | 3.30688 |

Tabel 1.4 Tabel Nilai Koefisien Shapiro-Wilk untuk data $n = 38$

| i | A_i |
|-----|--------|
| 1 | 0,4015 |
| 2 | 0,2794 |
| 3 | 0,2391 |
| 4 | 0,2110 |
| 5 | 0,1881 |
| 6 | 0,1686 |
| 7 | 0,1513 |
| 8 | 0,1356 |
| 9 | 0,1211 |
| 10 | 0,1075 |
| 11 | 0,0947 |
| 12 | 0,0824 |
| 13 | 0,0706 |
| 14 | 0,0592 |
| 15 | 0,0481 |
| 16 | 0,0372 |
| 17 | 0,0264 |
| 18 | 0,0158 |
| 19 | 0,0053 |

Sumber: (Shapiro & Wilk, 1965)

Tabel 1.5 Tabel Shapiro wilk (W_{tabel})

| $n \setminus P$ | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.1 | 0.5 | 0.9 | 0.95 | 0.98 | 0.99 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3 | 0.753 | 0.756 | 0.767 | 0.789 | 0.959 | 0.998 | 0.999 | 1.000 | 1.000 |
| 4 | 0.687 | 0.707 | 0.748 | 0.792 | 0.935 | 0.987 | 0.992 | 0.996 | 0.997 |
| 5 | 0.686 | 0.715 | 0.762 | 0.806 | 0.927 | 0.976 | 0.981 | 0.990 | 0.993 |
| 6 | 0.713 | 0.743 | 0.788 | 0.826 | 0.927 | 0.974 | 0.981 | 0.986 | 0.989 |
| 7 | 0.730 | 0.760 | 0.803 | 0.838 | 0.928 | 0.973 | 0.980 | 0.985 | 0.988 |
| 8 | 0.749 | 0.773 | 0.818 | 0.851 | 0.932 | 0.972 | 0.978 | 0.984 | 0.987 |
| 9 | 0.764 | 0.791 | 0.829 | 0.859 | 0.935 | 0.972 | 0.978 | 0.983 | 0.986 |
| 10 | 0.781 | 0.806 | 0.842 | 0.869 | 0.938 | 0.972 | 0.978 | 0.983 | 0.986 |
| 11 | 0.792 | 0.817 | 0.850 | 0.876 | 0.940 | 0.973 | 0.979 | 0.984 | 0.986 |
| 12 | 0.805 | 0.828 | 0.859 | 0.883 | 0.943 | 0.973 | 0.979 | 0.984 | 0.986 |
| 13 | 0.814 | 0.837 | 0.866 | 0.889 | 0.945 | 0.974 | 0.979 | 0.984 | 0.986 |
| 14 | 0.825 | 0.846 | 0.874 | 0.895 | 0.947 | 0.975 | 0.980 | 0.984 | 0.986 |
| 15 | 0.835 | 0.855 | 0.881 | 0.901 | 0.950 | 0.975 | 0.980 | 0.985 | 0.987 |
| 16 | 0.844 | 0.863 | 0.887 | 0.906 | 0.952 | 0.976 | 0.981 | 0.985 | 0.987 |
| 17 | 0.851 | 0.869 | 0.892 | 0.910 | 0.954 | 0.976 | 0.981 | 0.985 | 0.987 |
| 18 | 0.858 | 0.874 | 0.897 | 0.914 | 0.956 | 0.978 | 0.982 | 0.986 | 0.988 |
| 19 | 0.863 | 0.879 | 0.901 | 0.917 | 0.957 | 0.978 | 0.983 | 0.986 | 0.988 |
| 20 | 0.868 | 0.884 | 0.905 | 0.920 | 0.959 | 0.979 | 0.983 | 0.986 | 0.988 |
| 21 | 0.873 | 0.888 | 0.908 | 0.923 | 0.960 | 0.980 | 0.983 | 0.987 | 0.989 |
| 22 | 0.878 | 0.892 | 0.911 | 0.926 | 0.961 | 0.980 | 0.984 | 0.987 | 0.989 |
| 23 | 0.881 | 0.895 | 0.914 | 0.928 | 0.962 | 0.981 | 0.984 | 0.987 | 0.989 |
| 24 | 0.884 | 0.898 | 0.916 | 0.930 | 0.963 | 0.981 | 0.984 | 0.987 | 0.989 |
| 25 | 0.888 | 0.901 | 0.918 | 0.931 | 0.964 | 0.981 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 26 | 0.890 | 0.904 | 0.920 | 0.933 | 0.965 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 27 | 0.894 | 0.906 | 0.923 | 0.935 | 0.965 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 28 | 0.896 | 0.908 | 0.924 | 0.936 | 0.966 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 29 | 0.898 | 0.910 | 0.926 | 0.937 | 0.966 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 30 | 0.900 | 0.912 | 0.927 | 0.939 | 0.967 | 0.983 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 31 | 0.902 | 0.914 | 0.929 | 0.940 | 0.967 | 0.983 | 0.986 | 0.988 | 0.990 |
| 32 | 0.904 | 0.915 | 0.930 | 0.941 | 0.968 | 0.983 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 33 | 0.906 | 0.917 | 0.931 | 0.942 | 0.968 | 0.983 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 34 | 0.908 | 0.919 | 0.933 | 0.943 | 0.969 | 0.983 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 35 | 0.910 | 0.920 | 0.934 | 0.944 | 0.969 | 0.984 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 36 | 0.912 | 0.922 | 0.935 | 0.945 | 0.970 | 0.984 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 37 | 0.914 | 0.924 | 0.936 | 0.946 | 0.970 | 0.984 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 38 | 0.916 | 0.925 | 0.938 | 0.947 | 0.971 | 0.984 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 39 | 0.917 | 0.927 | 0.939 | 0.948 | 0.971 | 0.984 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 40 | 0.919 | 0.928 | 0.940 | 0.949 | 0.972 | 0.985 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 41 | 0.920 | 0.929 | 0.941 | 0.950 | 0.972 | 0.985 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 42 | 0.922 | 0.931 | 0.942 | 0.951 | 0.973 | 0.985 | 0.987 | 0.990 | 0.991 |
| 43 | 0.923 | 0.932 | 0.943 | 0.951 | 0.973 | 0.985 | 0.987 | 0.990 | 0.991 |
| 44 | 0.924 | 0.933 | 0.944 | 0.952 | 0.973 | 0.985 | 0.987 | 0.990 | 0.991 |
| 45 | 0.926 | 0.934 | 0.945 | 0.953 | 0.973 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |
| 46 | 0.927 | 0.935 | 0.946 | 0.953 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |
| 47 | 0.928 | 0.936 | 0.946 | 0.954 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.992 |
| 48 | 0.929 | 0.936 | 0.947 | 0.954 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.992 |
| 49 | 0.928 | 0.936 | 0.946 | 0.954 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.992 |
| 50 | 0.930 | 0.938 | 0.947 | 0.955 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.992 |

Tabel 1.6 Tabel Durbin-Watson (DW), $\alpha = 5\%$

| n | $k = 6$ | | $k = 7$ | | $k = 8$ | | $k = 9$ | | $k = 10$ | |
|-----|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|----------|--------|
| | d_L | d_U | d_L | d_U | d_L | d_U | d_L | d_U | d_L | d_U |
| 11 | 0.2025 | 3.0045 | | | | | | | | |
| 12 | 0.2681 | 2.8320 | 0.1714 | 2.9851 | | | | | | |
| 13 | 0.3278 | 2.6920 | 0.2305 | 2.8985 | 0.2001 | 3.1112 | | | | |
| 14 | 0.3890 | 2.5716 | 0.2856 | 2.8477 | 0.2309 | 3.0420 | 0.1753 | 3.2160 | | |
| 15 | 0.4471 | 2.4705 | 0.3429 | 2.7270 | 0.3004 | 2.8601 | 0.2221 | 3.0985 | 0.1548 | 3.3039 |
| 16 | 0.5022 | 2.3881 | 0.3981 | 2.6241 | 0.3364 | 2.7569 | 0.2718 | 2.9746 | 0.1978 | 3.1840 |
| 17 | 0.5542 | 2.3176 | 0.4516 | 2.5366 | 0.3564 | 2.6675 | 0.3208 | 2.8727 | 0.2441 | 3.0735 |
| 18 | 0.6030 | 2.2575 | 0.5016 | 2.4612 | 0.4070 | 2.5894 | 0.3689 | 2.7831 | 0.2901 | 2.9740 |
| 19 | 0.6498 | 2.2042 | 0.5494 | 2.3960 | 0.4557 | 2.5894 | 0.4156 | 2.7037 | 0.3357 | 2.8854 |
| 20 | 0.6915 | 2.1616 | 0.5945 | 2.3394 | 0.5022 | 2.4606 | 0.4606 | 2.6332 | 0.3804 | 2.8059 |
| 30 | 0.9982 | 1.9313 | 0.9256 | 2.0343 | 0.8535 | 2.1410 | 0.7822 | 2.2508 | 0.7120 | 2.3631 |
| 35 | 1.0974 | 1.8835 | 1.0342 | 1.9674 | 0.9719 | 2.0544 | 0.9079 | 2.1440 | 0.8542 | 2.2339 |
| 36 | 1.1144 | 1.8751 | 1.0578 | 1.9540 | 0.9912 | 2.0288 | 0.9505 | 2.1120 | 0.8962 | 2.1975 |
| 37 | 1.1307 | 1.8700 | 1.0708 | 1.9480 | 1.0127 | 2.0288 | 0.9505 | 2.1120 | 0.8962 | 2.1975 |
| 38 | 1.1461 | 1.8587 | 1.1042 | 1.9343 | 1.0469 | 2.0096 | 0.9895 | 2.0846 | 0.9322 | 2.1644 |
| 39 | 1.1612 | 1.8587 | 1.1042 | 1.9343 | 1.0469 | 2.0096 | 0.9895 | 2.0846 | 0.9322 | 2.1644 |
| 40 | 1.1891 | 1.8493 | 1.1438 | 1.9175 | 1.0832 | 1.9881 | 1.0254 | 2.0609 | 0.9623 | 2.1365 |
| 41 | 1.1891 | 1.8493 | 1.1438 | 1.9175 | 1.0832 | 1.9881 | 1.0254 | 2.0609 | 0.9623 | 2.1365 |
| 42 | 1.2148 | 1.8431 | 1.1630 | 1.9055 | 1.1188 | 1.9719 | 1.0548 | 2.0403 | 0.9923 | 2.1152 |
| 43 | 1.2269 | 1.8378 | 1.1762 | 1.8962 | 1.1351 | 1.9646 | 1.0739 | 2.0302 | 1.0122 | 2.1012 |
| 44 | 1.2385 | 1.8346 | 1.1890 | 1.8952 | 1.1391 | 1.9578 | 1.0889 | 2.0222 | 1.0335 | 2.0884 |
| 45 | 1.2385 | 1.8346 | 1.1890 | 1.8952 | 1.1391 | 1.9578 | 1.0889 | 2.0222 | 1.0335 | 2.0884 |

Tabel 1.7 Tabel Chi-Square

| dk | 50% | 30% | 20% | 10% | 5% | 1% |
|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 1 | 0,455 | 1,074 | 1,642 | 2,706 | 3,481 | 6,635 |
| 2 | 0,139 | 2,408 | 3,219 | 3,605 | 5,591 | 9,210 |
| 3 | 2,366 | 3,665 | 4,642 | 6,251 | 7,815 | 11,345 |
| 4 | 3,357 | 4,878 | 5,989 | 7,779 | 9,488 | 13,277 |
| 5 | 4,351 | 6,064 | 7,289 | 9,236 | 11,070 | 15,086 |
| 6 | 5,348 | 7,231 | 8,558 | 10,645 | 12,592 | 16,812 |
| 7 | 6,346 | 8,383 | 9,803 | 12,017 | 14,017 | 18,475 |
| 8 | 7,344 | 9,524 | 11,030 | 13,362 | 15,507 | 20,090 |
| 9 | 8,343 | 10,654 | 12,242 | 14,684 | 16,919 | 21,666 |
| 10 | 9,342 | 11,781 | 13,442 | 15,987 | 18,307 | 23,209 |
| 11 | 10,341 | 12,899 | 14,631 | 17,275 | 19,675 | 24,725 |
| 12 | 11,340 | 14,015 | 15,812 | 18,549 | 21,026 | 26,217 |
| 13 | 12,340 | 15,129 | 16,985 | 19,812 | 22,362 | 27,688 |
| 14 | 13,339 | 16,242 | 18,151 | 21,064 | 23,685 | 29,141 |
| 15 | 14,339 | 17,322 | 19,311 | 22,307 | 24,996 | 30,578 |
| 16 | 15,338 | 18,418 | 20,465 | 23,542 | 26,296 | 32,000 |
| 17 | 16,338 | 19,503 | 21,615 | 24,768 | 27,587 | 33,409 |
| 18 | 17,338 | 20,601 | 22,760 | 25,989 | 28,869 | 34,805 |
| 19 | 18,338 | 21,689 | 23,900 | 27,204 | 30,144 | 36,191 |
| 20 | 19,337 | 22,775 | 25,038 | 28,414 | 31,410 | 37,566 |
| 21 | 20,337 | 23,858 | 26,171 | 29,615 | 32,671 | 38,932 |
| 22 | 21,337 | 24,939 | 27,301 | 30,813 | 33,924 | 40,289 |
| 23 | 22,336 | 26,018 | 28,429 | 32,007 | 35,172 | 41,638 |
| 24 | 23,337 | 27,096 | 29,553 | 33,194 | 36,415 | 42,980 |
| 25 | 24,337 | 28,172 | 30,675 | 34,382 | 37,652 | 44,314 |
| 26 | 25,336 | 29,246 | 31,795 | 35,563 | 38,885 | 45,642 |
| 27 | 26,336 | 30,318 | 32,912 | 36,741 | 40,113 | 46,963 |
| 28 | 27,336 | 31,391 | 34,028 | 37,916 | 41,337 | 48,278 |
| 29 | 28,336 | 32,461 | 35,139 | 39,087 | 42,557 | 49,588 |
| 30 | 29,336 | 33,530 | 36,250 | 40,256 | 43,775 | 50,892 |

Tabel 1.8 Jarak Euclidean Antar Kabupaten/Kota di Jawa Timur

| No | 1 | 2 | 3 | ... | 36 | 37 | 38 |
|----|-------------|-------------|-------------|-----|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 0 | 0,488051821 | 0,751667172 | ... | 0,705405366 | 1,870539953 | 1,460643776 |
| 2 | 0,488051821 | 0 | 0,433952408 | ... | 0,248096775 | 1,400256852 | 1,063002235 |
| 3 | 0,751667172 | 0,433952408 | 0 | ... | 0,556497756 | 1,190155349 | 0,712077331 |
| 4 | 0,815609479 | 0,489212695 | 0,064184263 | ... | 0,59299226 | 1,139675469 | 0,64960242 |
| 5 | 1,072774448 | 0,744010216 | 0,327188842 | ... | 0,806846182 | 0,987479712 | 0,422189713 |
| 6 | 0,891742117 | 0,503466695 | 0,169667426 | ... | 0,549786188 | 1,021519441 | 0,572185672 |
| 7 | 1,54777048 | 1,178169905 | 0,796535113 | ... | 1,175032666 | 0,701542559 | 0,15798098 |
| 8 | 2,122441726 | 1,781738512 | 1,381314858 | ... | 1,783093914 | 0,977893615 | 0,747991638 |
| 9 | 2,593359145 | 2,254163631 | 1,854370047 | ... | 2,248322578 | 1,306013588 | 1,209657337 |
| 10 | 3,27150918 | 2,931754874 | 2,533649207 | ... | 2,918131995 | 1,880174353 | 1,880238573 |
| 11 | 2,732442057 | 2,372355016 | 1,986097714 | ... | 2,348583203 | 1,318944826 | 1,313627742 |
| 12 | 2,945363981 | 2,549514417 | 2,193700029 | ... | 2,493019567 | 1,33822488 | 1,490070791 |
| 13 | 2,184967071 | 1,784768998 | 1,433997559 | ... | 1,734554801 | 0,697024923 | 0,726105376 |
| 14 | 1,885641551 | 1,459810767 | 1,145114943 | ... | 1,389682692 | 0,393763508 | 0,440837868 |
| 15 | 1,783720295 | 1,325963287 | 1,079389565 | ... | 1,216493045 | 0,154456183 | 0,468427595 |
| 16 | 1,522437172 | 1,054164608 | 0,851869109 | ... | 0,934152504 | 0,348141659 | 0,416931726 |
| 17 | 1,310104782 | 0,839127081 | 0,665102521 | ... | 0,722999114 | 0,561516355 | 0,443499549 |
| 18 | 0,999866 | 0,516544201 | 0,479097287 | ... | 0,389145464 | 0,889547421 | 0,677421999 |
| 19 | 0,72104473 | 0,277395761 | 0,595485642 | ... | 0,039084372 | 1,27900264 | 1,067023424 |
| 20 | 0,583074752 | 0,249321088 | 0,663869755 | ... | 0,19202147 | 1,458589 | 1,21722512 |
| 21 | 0,594345591 | 0,255327393 | 0,666482053 | ... | 0,185626904 | 1,45126756 | 1,214168985 |
| 22 | 1,292225754 | 0,818452804 | 0,915930628 | ... | 0,586937171 | 0,874616973 | 0,964351772 |
| 23 | 1,609080553 | 1,134952478 | 1,195858604 | ... | 0,903684717 | 0,790822109 | 1,081828458 |
| 24 | 1,704332973 | 1,217289775 | 1,11793125 | ... | 1,038162461 | 0,359746415 | 0,758684728 |
| 25 | 1,863479605 | 1,382847972 | 1,219667483 | ... | 1,226580729 | 0,155267028 | 0,719812189 |
| 26 | 2,0249411 | 1,541711666 | 1,38931675 | ... | 1,375658697 | 0,264833866 | 0,874687538 |
| 27 | 2,569772232 | 2,116673721 | 1,846672998 | ... | 2,001676522 | 0,739969642 | 1,15687265 |
| 28 | 2,592366349 | 2,136231376 | 1,872947194 | ... | 2,01680952 | 0,751684602 | 1,187552029 |
| 29 | 2,648145892 | 2,191907831 | 1,928402328 | ... | 2,071833366 | 0,806124256 | 1,241811557 |
| 30 | 0,987777015 | 0,55287359 | 0,310617208 | ... | 0,53173808 | 0,895113374 | 0,515644458 |
| 31 | 1,072363831 | 0,733195396 | 0,323242151 | ... | 0,789016786 | 0,967838713 | 0,411301547 |
| 32 | 1,540380938 | 1,170350692 | 0,789087197 | ... | 1,167199466 | 0,701073041 | 0,151517324 |
| 33 | 2,156045405 | 1,753992451 | 1,405390127 | ... | 1,702559769 | 0,668149555 | 0,696444865 |
| 34 | 1,885641551 | 1,459810767 | 1,145114943 | ... | 1,389682692 | 0,393763508 | 0,440837868 |
| 35 | 1,518710652 | 1,051360685 | 0,845898732 | ... | 0,933284046 | 0,352119216 | 0,408018733 |
| 36 | 0,705405366 | 0,248096775 | 0,556497756 | ... | 0 | 1,267310531 | 1,038781046 |
| 37 | 1,870539953 | 1,400256852 | 1,190155349 | ... | 1,267310531 | 0 | 0,617689525 |
| 38 | 1,460643776 | 1,063002235 | 0,712077331 | ... | 1,038781046 | 0,617689525 | 0 |

Tabel 1.9 Pembobot Model GWR Dengan Adaptive Gaussian

| No | 1 | 2 | ... | 37 | 38 |
|----|-------------|-------------|-----|-------------|-------------|
| 1 | 1 | 0,800042139 | ... | 0,037739182 | 0,135579349 |
| 2 | 0,800042139 | 1 | ... | 0,159391501 | 0,347037253 |
| 3 | 0,589089485 | 0,838304542 | ... | 0,265364029 | 0,621945826 |
| 4 | 0,536312694 | 0,79919251 | ... | 0,296265094 | 0,673527988 |
| 5 | 0,3403193 | 0,595442159 | ... | 0,401204119 | 0,846248815 |
| 6 | 0,474838353 | 0,788671134 | ... | 0,37631284 | 0,735918034 |
| 7 | 0,106066283 | 0,272513489 | ... | 0,630681422 | 0,976895662 |
| 8 | 0,01471164 | 0,051134588 | ... | 0,408346443 | 0,592138543 |
| 9 | 0,001838044 | 0,008573699 | ... | 0,202398567 | 0,253983442 |
| 10 | 4,4318E-05 | 0,000319046 | ... | 0,036483289 | 0,036475038 |
| 11 | 0,00091846 | 0,005137454 | ... | 0,196065199 | 0,198652544 |
| 12 | 0,00029602 | 0,002270255 | ... | 0,186879747 | 0,124989809 |
| 13 | 0,011431747 | 0,050619569 | ... | 0,634424599 | 0,610304109 |
| 14 | 0,035786523 | 0,13588862 | ... | 0,864833618 | 0,833588646 |
| 15 | 0,050797301 | 0,19268585 | ... | 0,977903798 | 0,814231211 |
| 16 | 0,114081245 | 0,353172438 | ... | 0,892688782 | 0,849753024 |
| 17 | 0,200379783 | 0,517117195 | ... | 0,744302536 | 0,831752965 |
| 18 | 0,392060183 | 0,778879265 | ... | 0,476580159 | 0,650637844 |
| 19 | 0,614504659 | 0,930466524 | ... | 0,216077068 | 0,344264414 |
| 20 | 0,727298286 | 0,943442903 | ... | 0,13634318 | 0,249651897 |
| 21 | 0,718314609 | 0,940768384 | ... | 0,139091021 | 0,251395409 |
| 22 | 0,209304761 | 0,533983967 | ... | 0,488483414 | 0,418530498 |
| 23 | 0,088481198 | 0,299261114 | ... | 0,556691758 | 0,334157845 |
| 24 | 0,065837659 | 0,249615095 | ... | 0,885846815 | 0,583270578 |
| 25 | 0,03868263 | 0,166791072 | ... | 0,977673809 | 0,615527618 |
| 26 | 0,021485334 | 0,107942198 | ... | 0,936421433 | 0,488426943 |
| 27 | 0,002060116 | 0,015052436 | ... | 0,598795523 | 0,285506494 |
| 28 | 0,001846929 | 0,013924323 | ... | 0,589075028 | 0,266906928 |
| 29 | 0,001404591 | 0,011111068 | ... | 0,54409534 | 0,235908079 |
| 30 | 0,400983513 | 0,751047034 | ... | 0,472166869 | 0,779557042 |
| 31 | 0,340600171 | 0,604418574 | ... | 0,415897794 | 0,853472367 |
| 32 | 0,10835764 | 0,277241032 | ... | 0,631070544 | 0,97872773 |
| 33 | 0,012858212 | 0,056055549 | ... | 0,658285534 | 0,634905065 |
| 34 | 0,035786523 | 0,13588862 | ... | 0,864833618 | 0,833588646 |
| 35 | 0,115298585 | 0,355130672 | ... | 0,890363048 | 0,855625082 |
| 36 | 0,627479313 | 0,943981176 | ... | 0,222186942 | 0,363984692 |
| 37 | 0,037739182 | 0,159391501 | ... | 1 | 0,699529562 |
| 38 | 0,135579349 | 0,347037253 | ... | 0,699529562 | 1 |

Tabel 1.10 Nilai Estimasi Parameter GWR untuk masing-masing kabupaten/kota di Jawa Timur.

| Kabupaten/Kota | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | β_6 | β_7 |
|------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Pacitan | -3,8220 | 0,1239 | 0,0705 | 0,0086 | 0,0067 | 0,8430 | -0,0412 | -0,0073 |
| Ponorogo | -2,8702 | 0,1131 | 0,0784 | 0,0080 | -0,0040 | 0,6773 | -0,0411 | -0,0115 |
| Trenggalek | -2,9400 | 0,0622 | 0,1010 | 0,0167 | -0,0105 | 0,7147 | -0,0493 | -0,0166 |
| Tulungagung | -3,0083 | 0,0445 | 0,1070 | 0,0192 | -0,0107 | 0,7253 | -0,0526 | -0,0176 |
| Blitar | -4,2370 | 0,0020 | 0,1342 | 0,0325 | -0,0143 | 0,8733 | -0,0677 | -0,0115 |
| Kediri | -2,4160 | 0,0240 | 0,1114 | 0,0211 | -0,0175 | 0,7054 | -0,0531 | -0,0191 |
| Malang | -2,7278 | 0,1293 | 0,0362 | -0,0265 | 0,0003 | 0,9531 | -0,0235 | 0,0084 |
| Lumajang | -7,2549 | 0,2130 | 0,0137 | -0,0450 | 0,0323 | 0,9102 | 0,0007 | 0,0227 |
| Jember | -11,5125 | 0,2520 | 0,0171 | -0,0363 | 0,0561 | 0,8550 | 0,0125 | 0,0291 |
| Banyuwangi | -7,4646 | 0,2237 | 0,0159 | -0,0383 | 0,0280 | 0,8960 | 0,0000 | 0,0271 |
| Bondowoso | -12,5154 | 0,2674 | 0,0178 | -0,0379 | 0,0591 | 0,8519 | 0,0176 | 0,0306 |
| Situbondo | -11,3726 | 0,2807 | 0,0171 | -0,0485 | 0,0417 | 0,8913 | 0,0208 | 0,0324 |
| Probolinggo | -5,9422 | 0,2194 | 0,0120 | -0,0578 | 0,0168 | 0,9570 | 0,0056 | 0,0200 |
| Pasuruan | -2,2995 | 0,1930 | 0,0145 | -0,0735 | -0,0083 | 1,0149 | -0,0017 | 0,0101 |
| Sidoarjo | 2,7723 | 0,1641 | 0,0003 | -0,1371 | -0,0310 | 1,0769 | -0,0011 | -0,0085 |
| Mojokerto | 6,9321 | 0,1036 | 0,0144 | -0,0535 | -0,0787 | 1,0366 | -0,0160 | 0,0002 |
| Jombang | 4,3695 | 0,0811 | 0,0302 | -0,0161 | -0,0511 | 0,9960 | -0,0315 | -0,0011 |
| Nganjuk | 1,7772 | 0,0755 | 0,0731 | 0,0115 | -0,0467 | 0,8881 | -0,0471 | -0,0057 |
| Madiun | -1,5345 | 0,1144 | 0,0748 | 0,0079 | -0,0143 | 0,7274 | -0,0439 | -0,0093 |
| Magetan | -2,1394 | 0,1162 | 0,0673 | 0,0075 | -0,0045 | 0,8160 | -0,0424 | -0,0084 |
| Ngawi | -2,0537 | 0,1157 | 0,0669 | 0,0075 | -0,0050 | 0,8178 | -0,0424 | -0,0084 |
| Bojonegoro | 5,7655 | 0,0749 | 0,0216 | -0,0083 | -0,0465 | 0,9879 | -0,0373 | -0,0071 |
| Tuban | 4,7898 | 0,0863 | 0,0111 | -0,0222 | -0,0345 | 1,0172 | -0,0302 | -0,0055 |
| Lamongan | 13,8124 | 0,1186 | -0,0067 | -0,1073 | -0,1261 | 1,0600 | -0,0139 | -0,0066 |
| Gresik | 8,8013 | 0,1563 | -0,0081 | -0,1397 | -0,0811 | 1,0787 | -0,0066 | -0,0075 |
| Bangkalan | 5,2496 | 0,1348 | -0,0046 | -0,0901 | -0,0466 | 1,0527 | -0,0121 | -0,0005 |
| Sampang | -4,3833 | 0,2211 | 0,0068 | -0,0718 | 0,0033 | 0,9823 | 0,0091 | 0,0188 |
| Pamekasan | -4,0574 | 0,2168 | 0,0065 | -0,0714 | 0,0021 | 0,9826 | 0,0078 | 0,0183 |
| Sumenep | -4,4105 | 0,2205 | 0,0070 | -0,0707 | 0,0037 | 0,9791 | 0,0086 | 0,0191 |
| Kota Kediri | -3,2865 | 0,0320 | 0,1283 | 0,0312 | -0,0299 | 0,8270 | -0,0591 | -0,0096 |
| Kota Blitar | -4,2851 | 6,4086E-05 | 0,1357 | 0,0334 | -0,0152 | 0,8758 | -0,0679 | -0,0113 |
| Kota Malang | -2,6932 | 0,1269 | 0,0378 | -0,0254 | -0,0006 | 0,9525 | -0,0243 | 0,0081 |
| Kota Probolinggo | -5,6315 | 0,2167 | 0,0117 | -0,0588 | 0,0151 | 0,9614 | 0,0049 | 0,0194 |
| Kota Pasuruan | -2,2995 | 0,1930 | 0,0145 | -0,0735 | -0,0083 | 1,0149 | -0,0017 | 0,0101 |
| Kota Mojokerto | 6,4240 | 0,1034 | 0,0154 | -0,0511 | -0,0739 | 1,0351 | -0,0167 | 0,0004 |
| Kota Madiun | -1,6143 | 0,1144 | 0,0767 | 0,0077 | -0,0146 | 0,6939 | -0,0437 | -0,0096 |
| Kota Surabaya | 5,6516 | 0,1636 | -0,0048 | -0,1314 | -0,0546 | 1,0777 | -0,0049 | -0,0063 |
| Kota Batu | -1,5939 | 0,1015 | 0,0490 | -0,0173 | -0,0146 | 0,9660 | -0,0292 | 0,0048 |

Tabel 1.11 Persamaan Estimasi Parameter GWR untuk masing-masing kabupaten/kota di Jawa Timur

| Persamaan Estimasi |
|---|
| $\hat{Y}_{Pacitan} = -3,8220 + 0,1239 X_1 + 0,0705X_2 + 0,0086X_3 + 0,0067X_4 + 0,8430X_5 - 0,0412X_6 - 0,0073X_7$ |
| $\hat{Y}_{Ponorogo} = -2,8702 + 0,1131 X_1 + 0,0784X_2 + 0,0080X_3 - 0,0040X_4 + 0,6773X_5 - 0,0411X_6 - 0,0115X_7$ |
| $\hat{Y}_{Treggalek} = -2,9400 + 0,0622 X_1 + 0,1010X_2 + 0,0167X_3 - 0,0105X_4 + 0,7147X_5 - 0,0493X_6 - 0,0166X_7$ |
| $\hat{Y}_{Tulungagung} = -3,0083 + 0,0445 X_1 + 0,1070X_2 + 0,0192X_3 - 0,0107X_4 + 0,7253X_5 - 0,0526X_6 - 0,0176X_7$ |
| $\hat{Y}_{Blitar} = -4,2370 + 0,0020 X_1 + 0,1342X_2 + 0,0325X_3 - 0,0143X_4 + 0,8733X_5 - 0,0677X_6 - 0,0115X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kediri} = -2,4160 + 0,0240 X_1 + 0,1114X_2 + 0,0211X_3 - 0,0175X_4 + 0,7054X_5 - 0,0531X_6 - 0,0191X_7$ |
| $\hat{Y}_{Malang} = -2,7278 + 0,1293 X_1 + 0,0362X_2 - 0,0265X_3 + 0,0003X_4 + 0,9531X_5 - 0,0235X_6 + 0,0084X_7$ |
| $\hat{Y}_{Lumajang} = -7,2549 + 0,2130 X_1 + 0,0137X_2 - 0,0450X_3 + 0,0323X_4 + 0,9102X_5 + 0,0007X_6 + 0,0227X_7$ |
| $\hat{Y}_{Jember} = -11,5125 + 0,2520 X_1 + 0,0171X_2 - 0,0363X_3 + 0,0561X_4 + 0,8550X_5 + 0,0125X_6 + 0,0291X_7$ |
| $\hat{Y}_{Banyuwangi} = -7,4646 + 0,2237 X_1 + 0,0159X_2 - 0,0383X_3 + 0,0280X_4 + 0,8960X_5 + 0,0000X_6 + 0,0271X_7$ |
| $\hat{Y}_{Bondowoso} = -12,5154 + 0,2674 X_1 + 0,0178X_2 - 0,0379X_3 + 0,0591X_4 + 0,8519X_5 + 0,0176X_6 + 0,0306X_7$ |
| $\hat{Y}_{Situbondo} = -11,3726 + 0,2807 X_1 + 0,0171X_2 - 0,0485X_3 + 0,0417X_4 + 0,8913X_5 + 0,0208X_6 + 0,0324X_7$ |
| $\hat{Y}_{Probolinggo} = -5,9422 + 0,2194 X_1 + 0,0120X_2 - 0,0578X_3 + 0,0168X_4 + 0,9570X_5 + 0,0056X_6 + 0,0200X_7$ |
| $\hat{Y}_{Pasuruan} = -2,2995 + 0,1930 X_1 + 0,0145X_2 - 0,0735X_3 - 0,0083X_4 + 1,0149X_5 - 0,0017X_6 + 0,0101X_7$ |
| $\hat{Y}_{Sidoarjo} = 2,7723 + 0,1641 X_1 + 0,0003X_2 - 0,1371X_3 - 0,0310X_4 + 1,0769X_5 - 0,0011X_6 - 0,0085X_7$ |
| $\hat{Y}_{Mojokerto} = 6,9321 + 0,1036X_1 + 0,0144X_2 - 0,0535X_3 - 0,0787X_4 + 1,0366X_5 - 0,0160X_6 + 0,0002X_7$ |
| $\hat{Y}_{Jombang} = 4,3695 + 0,0811X_1 + 0,0302X_2 - 0,0161X_3 - 0,0511X_4 + 0,9960X_5 - 0,0315X_6 - 0,0011X_7$ |
| $\hat{Y}_{Nganjuk} = 1,7772 + 0,0755X_1 + 0,0731X_2 + 0,0115X_3 - 0,0467X_4 + 0,8881X_5 - 0,0471X_6 - 0,0057X_7$ |
| $\hat{Y}_{Madiun} = -1,5345 + 0,1144X_1 + 0,0748X_2 + 0,0079X_3 - 0,0143X_4 + 0,7274X_5 - 0,0439X_6 - 0,0093X_7$ |
| $\hat{Y}_{Magetan} = -2,1394 + 0,1162X_1 + 0,0673X_2 + 0,0075X_3 - 0,0045X_4 + 0,8160X_5 - 0,0424X_6 - 0,0084X_7$ |
| $\hat{Y}_{Ngawi} = -2,0537 + 0,1157X_1 + 0,0669X_2 + 0,0075X_3 - 0,0050X_4 + 0,8178X_5 - 0,0424X_6 - 0,0084X_7$ |
| $\hat{Y}_{Bojonegoro} = 5,7655 + 0,0749X_1 + 0,0216X_2 - 0,0083X_3 - 0,0465X_4 + 0,9879X_5 - 0,0373X_6 - 0,0071X_7$ |
| $\hat{Y}_{Tuban} = 4,7898 + 0,0863X_1 + 0,0111X_2 - 0,0222X_3 - 0,0345X_4 + 1,0172X_5 - 0,0302X_6 - 0,0055X_7$ |
| $\hat{Y}_{Lamongan} = 13,8124 + 0,1186X_1 - 0,0067X_2 - 0,1073X_3 - 0,1261X_4 + 1,0600X_5 - 0,0139X_6 - 0,0066X_7$ |
| $\hat{Y}_{Gresik} = 8,8013 + 0,1563X_1 - 0,0081X_2 - 0,1397X_3 - 0,0811X_4 + 1,0787X_5 - 0,0066X_6 - 0,0075X_7$ |
| $\hat{Y}_{Sampang} = -4,3833 + 0,2211X_1 + 0,0068X_2 - 0,0718X_3 + 0,0033X_4 + 0,9823X_5 + 0,0091X_6 + 0,0188X_7$ |
| $\hat{Y}_{Pamekasan} = -4,0574 + 0,2168X_1 + 0,0065X_2 - 0,0714X_3 + 0,0021X_4 + 0,9826X_5 + 0,0078X_6 + 0,0183X_7$ |
| $\hat{Y}_{Sumenep} = -4,4105 + 0,2205X_1 + 0,0070X_2 - 0,0707X_3 + 0,0037X_4 + 0,9791X_5 + 0,0086X_6 + 0,0191X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Kediri} = -3,2865 + 0,0320X_1 + 0,1283X_2 + 0,0312X_3 - 0,0299X_4 + 0,8270X_5 - 0,0591X_6 - 0,0096X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Blitar} = -4,2851 + 6,4086 \times 10^{-5} X_1 + 0,1357X_2 + 0,0334X_3 - 0,0152X_4 + 0,8758X_5 - 0,0679X_6 - 0,0113X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Malang} = -2,6932 + 0,1269X_1 + 0,0378X_2 - 0,0254X_3 - 0,0006X_4 + 0,9525X_5 - 0,0243X_6 + 0,0081X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Probolinggo} = -5,6315 + 0,2167X_1 + 0,0117X_2 - 0,0588X_3 + 0,0151X_4 + 0,9614X_5 + 0,0049X_6 + 0,0194X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Pasuruan} = -2,2995 + 0,1930X_1 + 0,0145X_2 - 0,0735X_3 - 0,0083X_4 + 1,0149X_5 - 0,0017X_6 + 0,0101X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Mojokerto} = 6,4240 + 0,1034X_1 + 0,0154X_2 - 0,0511X_3 - 0,0739X_4 + 1,0351X_5 - 0,0167X_6 + 0,0004X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Madiun} = -1,6143 + 0,1144X_1 + 0,0767X_2 + 0,0077X_3 - 0,0146X_4 + 0,6939X_5 - 0,0437X_6 - 0,0096X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Surabaya} = 5,6516 + 0,1636 X_1 - 0,0048X_2 - 0,1314X_3 - 0,0546X_4 + 1,0777X_5 - 0,0049X_6 - 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Batu} = -1,5939 + 0,1015 X_1 + 0,0490X_2 - 0,0173X_3 - 0,0146X_4 + 0,9660X_5 - 0,0292X_6 + 0,0048X_7$ |

Tabel 1.13 Hasil Uji Hipotesis

| Kab/Kota | Variabel | t_{hitung} | p -value | Keputusan |
|-------------|----------|--------------|------------|-------------------|
| Pacitan | X_1 | 1.6551 | 0.1083 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1.5998 | 0.1201 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | 0.4699 | 0.6418 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | 0.0814 | 0.9356 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 7.5755 | 1.9021E-08 | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1.5317 | 0.1361 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0.4189 | 0.6783 | Gagal Tolak H_0 |
| Probolinggo | X_1 | 1,2421 | 0,2238 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1,0829 | 0,2875 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | 0,3280 | 0,7452 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,0393 | 0,9689 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 3,1526 | 0,0037 | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,2545 | 0,2193 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,5767 | 0,5684 | Gagal Tolak H_0 |
| Trenggalek | X_1 | 0,6622 | 0,5129 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1,4065 | 0,1698 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | 0,6319 | 0,5323 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,0984 | 0,9223 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 2,9517 | 0,0061 | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,3658 | 0,1821 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,7893 | 0,4361 | Gagal Tolak H_0 |
| Tulungagung | X_1 | 0,4437 | 0,6605 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1,4779 | 0,1499 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | 0,6584 | 0,5153 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,0962 | 0,9240 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 2,8185 | 0,0085 | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,4617 | 0,1542 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,7886 | 0,4365 | Gagal Tolak H_0 |
| Blitar | X_1 | 0,0210 | 0,9834 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 2,3658 | 0,0246 | Tolak H_0 |
| | X_3 | 1,1795 | 0,2475 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,1646 | 0,8704 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 6,4569 | 0,0000 | Tolak H_0 |
| | X_6 | -2,2517 | 0,0318 | Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,5357 | 0,5961 | Gagal Tolak H_0 |

| Kab/Kota | Variabel | t_{hitung} | p -value | Keputusan |
|-----------------|-----------------|--------------|------------|-------------------|
| Kediri | X_1 | 0,2050 | 0,8390 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1,4044 | 0,1705 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | 0,5801 | 0,5662 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,1486 | 0,8828 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 2,4738 | 0,0193 | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,4328 | 0,1623 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,8029 | 0,4283 | Gagal Tolak H_0 |
| Malang | X_1 | 1,8292 | 0,0773 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1,4550 | 0,1561 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -1,3397 | 0,1904 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | 0,0053 | 0,9958 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 13,8118 | 0,0000 | Tolak H_0 |
| | X_6 | -0,9551 | 0,3472 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 0,5781 | 0,5675 | Gagal Tolak H_0 |
| Lumajang | X_1 | 2,9464 | 0,0062 | Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,6369 | 0,5290 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -1,8882 | 0,0687 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | 0,6122 | 0,5450 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 13,7848 | 0,0000 | Tolak H_0 |
| | X_6 | 0,0268 | 0,9788 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 1,4053 | 0,1702 | Gagal Tolak H_0 |
| Jember | X_1 | 3,0303 | 0,0050 | Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,6404 | 0,5268 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -1,2112 | 0,2353 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | 0,9379 | 0,3558 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 10,4358 | 0,0000 | Tolak H_0 |
| | X_6 | 0,4231 | 0,6752 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 1,6648 | 0,1064 | Gagal Tolak H_0 |
| Banyuwangi | X_1 | 3,5917 | 0,0012 | Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,8565 | 0,3985 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -2,0846 | 0,0457 | Tolak H_0 |
| | X_4 | 0,5916 | 0,5586 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 13,9237 | 0,0000 | Tolak H_0 |
| | X_6 | 0,0010 | 0,9992 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 1,9254 | 0,0637 | Gagal Tolak H_0 |

| Kab/Kota | Variabel | t_{hitung} | p -value | Keputusan |
|-------------|----------|--------------|--------------------------|-------------------|
| Bondowoso | X_1 | 3,0787 | 0,0044 | Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,6423 | 0,5255 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -1,2126 | 0,2347 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | 0,9449 | 0,3522 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 10,0261 | $4,3051 \times 10^{-11}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | 0,5562 | 0,5822 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 1,6969 | 0,1001 | Gagal Tolak H_0 |
| Situbondo | X_1 | 3,4547 | 0,0017 | Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,6931 | 0,4936 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -1,6963 | 0,1002 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | 0,7216 | 0,4761 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 12,2623 | $3,2463 \times 10^{-13}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | 0,6657 | 0,5107 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 1,8720 | 0,0710 | Gagal Tolak H_0 |
| Probolinggo | X_1 | 3,3198 | 0,0024 | Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,6233 | 0,5378 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -2,5208 | 0,0173 | Tolak H_0 |
| | X_4 | 0,3451 | 0,7324 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 15,2115 | $1,3323 \times 10^{-15}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | 0,2337 | 0,8168 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 1,3091 | 0,2005 | Gagal Tolak H_0 |
| Pasuruan | X_1 | 2,6876 | 0,0116 | Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,6399 | 0,5271 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -2,7507 | 0,0100 | Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,1462 | 0,8847 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 14,5520 | $3,9968 \times 10^{-15}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -0,0612 | 0,9516 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 0,6309 | 0,5329 | Gagal Tolak H_0 |
| Sidoarjo | X_1 | 1,6889 | 0,1016 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,0106 | 0,9916 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -2,7945 | 0,0090 | Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,4346 | 0,6670 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 14,0309 | $1,0214 \times 10^{-14}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -0,0310 | 0,9755 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,4549 | 0,6525 | Gagal Tolak H_0 |
| Mojokerto | X_1 | 1,4456 | 0,1587 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,5676 | 0,5746 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -2,3742 | 0,0242 | Tolak H_0 |
| | X_4 | -1,2149 | 0,2339 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 13,7633 | $1,6875 \times 10^{-14}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -0,6403 | 0,5269 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 0,0124 | 0,9902 | Gagal Tolak H_0 |

| Kab/Kota | Variabel | t_{hitung} | p -value | Keputusan |
|-----------------|-----------------|--------------|--------------------------|-------------------|
| Jombang | X_1 | 1,3293 | 0,1938 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1,2974 | 0,2044 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -0,8900 | 0,3805 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,8613 | 0,3959 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 13,8768 | $1,3767 \times 10^{-14}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,4608 | 0,1545 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,0690 | 0,9454 | Gagal Tolak H_0 |
| Nganjuk | X_1 | 1,1379 | 0,2642 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 2,0826 | 0,0459 | Tolak H_0 |
| | X_3 | 0,5944 | 0,5567 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,5834 | 0,5640 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 9,7882 | $7,5143 \times 10^{-11}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,9013 | 0,0669 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,3575 | 0,7232 | Gagal Tolak H_0 |
| Madiun | X_1 | 1,3493 | 0,1873 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1,2453 | 0,2227 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | 0,3568 | 0,7237 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,1494 | 0,8823 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 4,3197 | 0,0002 | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,4898 | 0,1467 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,5178 | 0,6084 | Gagal Tolak H_0 |
| Magetan | X_1 | 1,5048 | 0,1428 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1,4756 | 0,1505 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | 0,4106 | 0,6843 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,0513 | 0,9594 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 6,4179 | $4,3631 \times 10^{-7}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,5436 | 0,1332 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,4890 | 0,6284 | Gagal Tolak H_0 |
| Ngawi | X_1 | 1,5021 | 0,1435 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1,4821 | 0,1487 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | 0,4095 | 0,6851 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,0568 | 0,9551 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 6,4776 | $3,6995 \times 10^{-7}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,5488 | 0,1319 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,4896 | 0,6280 | Gagal Tolak H_0 |
| Bojonegoro | X_1 | 1,1878 | 0,2442 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,9389 | 0,3553 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -0,5440 | 0,5905 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,7265 | 0,4732 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 13,2986 | $4,1078 \times 10^{-14}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,6264 | 0,1143 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,4748 | 0,6384 | Gagal Tolak H_0 |

| Kab/Kota | Variabel | t_{hitung} | p -value | Keputusan |
|-----------|----------|--------------|--------------------------|-------------------|
| Tuban | X_1 | 1,4349 | 0,1616 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,5128 | 0,6119 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -1,4728 | 0,1512 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,6596 | 0,5145 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 14,6922 | $3,1086 \times 10^{-15}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,3699 | 0,1809 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,3853 | 0,7027 | Gagal Tolak H_0 |
| Lamongan | X_1 | 1,3043 | 0,2021 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | -0,2450 | 0,8081 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -3,1972 | 0,0033 | Tolak H_0 |
| | X_4 | -1,7560 | 0,0893 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 13,2763 | $4,2855 \times 10^{-14}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -0,4489 | 0,6567 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,3638 | 0,7185 | Gagal Tolak H_0 |
| Gresik | X_1 | 1,7158 | 0,0965 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | -0,2960 | 0,7693 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -3,6293 | 0,0010 | Tolak H_0 |
| | X_4 | -1,3081 | 0,2008 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 13,8017 | $1,5543 \times 10^{-14}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -0,1993 | 0,8434 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,4388 | 0,6640 | Gagal Tolak H_0 |
| Bangkalan | X_1 | 1,9830 | 0,0566 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | -0,2097 | 0,8353 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -3,8968 | 0,0005 | Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,9166 | 0,3667 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 14,7111 | $2,8866 \times 10^{-15}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -0,4857 | 0,6307 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,0387 | 0,9694 | Gagal Tolak H_0 |
| Sampang | X_1 | 3,4030 | 0,0019 | Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,3397 | 0,7365 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -2,9248 | 0,0065 | Tolak H_0 |
| | X_4 | 0,0680 | 0,9463 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 15,3177 | $8,8818 \times 10^{-16}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | 0,3621 | 0,7198 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 1,2662 | 0,2152 | Gagal Tolak H_0 |
| Pamekasan | X_1 | 3,3862 | 0,0020 | Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,3303 | 0,7434 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -2,9724 | 0,0058 | Tolak H_0 |
| | X_4 | 0,0430 | 0,9660 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 15,3689 | $8,8818 \times 10^{-16}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | 0,3141 | 0,7557 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 1,2509 | 0,2206 | Gagal Tolak H_0 |

| Kab/Kota | Variabel | t_{hitung} | p -value | Keputusan |
|------------------|-----------------|--------------|--------------------------|-------------------|
| Sumenep | X_1 | 3,4196 | 0,0018 | Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,3546 | 0,7254 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -2,9283 | 0,0064 | Tolak H_0 |
| | X_4 | 0,0747 | 0,9409 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 15,3426 | $8,8818 \times 10^{-16}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | 0,3458 | 0,7319 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 1,2971 | 0,2045 | Gagal Tolak H_0 |
| Kota Kediri | X_1 | 0,3598 | 0,7215 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 2,0681 | 0,0473 | Tolak H_0 |
| | X_3 | 1,0705 | 0,2929 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,2982 | 0,7676 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 5,4884 | $5,8670 \times 10^{-6}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,8335 | 0,0767 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,5203 | 0,6067 | Gagal Tolak H_0 |
| Kota Blitar | X_1 | 0,0007 | 0,9995 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 2,3707 | 0,0244 | Tolak H_0 |
| | X_3 | 1,1988 | 0,2400 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,1728 | 0,8640 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 6,4552 | $3,9352 \times 10^{-7}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -2,2589 | 0,0313 | Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,5320 | 0,5986 | Gagal Tolak H_0 |
| Kota Malang | X_1 | 1,7767 | 0,0858 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1,4807 | 0,1491 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -1,2724 | 0,2130 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,0123 | 0,9903 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 13,7048 | $1,8874 \times 10^{-14}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -0,9792 | 0,3353 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 0,5587 | 0,5805 | Gagal Tolak H_0 |
| Kota Probolinggo | X_1 | 3,2848 | 0,0026 | Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,6113 | 0,5456 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -2,5681 | 0,0154 | Tolak H_0 |
| | X_4 | 0,3108 | 0,7581 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 15,2560 | $1,1102 \times 10^{-15}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | 0,2055 | 0,8386 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 1,2648 | 0,2157 | Gagal Tolak H_0 |

| Kab/Kota | Variabel | t_{hitung} | $p\text{-value}$ | Keputusan |
|-----------------|-----------------|--------------|--------------------------|-------------------|
| Kota Pasuruan | X_1 | 2,6876 | 0,0116 | Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,6399 | 0,5271 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -2,7507 | 0,0099 | Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,1462 | 0,8847 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 14,5520 | $3,9968 \times 10^{-15}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -0,0612 | 0,9516 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 0,6309 | 0,5329 | Gagal Tolak H_0 |
| Kota Mojokerto | X_1 | 1,4643 | 0,1535 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 0,6129 | 0,5446 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -2,3159 | 0,0276 | Tolak H_0 |
| | X_4 | -1,1607 | 0,2549 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 13,8415 | $1,4655 \times 10^{-14}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -0,6786 | 0,5026 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 0,0204 | 0,9838 | Gagal Tolak H_0 |
| Kota Madiun | X_1 | 1,3066 | 0,2013 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1,1612 | 0,2547 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | 0,3270 | 0,7460 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,1494 | 0,8823 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 3,7240 | 0,0008 | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,4492 | 0,1576 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,5307 | 0,5995 | Gagal Tolak H_0 |
| Kota Surabaya | X_1 | 1,8712 | 0,0711 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | -0,1761 | 0,8614 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -3,3803 | 0,0020 | Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,8894 | 0,3809 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 14,0992 | $8,8818 \times 10^{-15}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -0,1493 | 0,8823 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | -0,3751 | 0,7103 | Gagal Tolak H_0 |
| Kota Batu | X_1 | 1,3800 | 0,1778 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_2 | 1,7060 | 0,0983 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_3 | -0,8306 | 0,4128 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_4 | -0,2680 | 0,7906 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_5 | 13,4604 | $3,0198 \times 10^{-14}$ | Tolak H_0 |
| | X_6 | -1,1834 | 0,2459 | Gagal Tolak H_0 |
| | X_7 | 0,3167 | 0,7537 | Gagal Tolak H_0 |

Tabel 1.14 Nilai Estimasi Parameter MGWR untuk masing-masing kabupaten/kota di Jawa Timur.

| Kabupaten/Kota | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | β_6 | β_7 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Pacitan | -5,1082 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0081 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Ponorogo | -5,1859 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0061 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Trenggalek | -5,2040 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0099 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Tulungagung | -5,1969 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0114 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Blitar | -5,0484 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0185 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Kediri | -5,1864 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0135 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Malang | -4,5915 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0410 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Lumajang | -4,4874 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0420 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Jember | -4,5980 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0344 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Banyuwangi | -4,5361 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0377 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Bondowoso | -4,5908 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0342 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Situbondo | -4,4286 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0420 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Probolinggo | -4,3144 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0494 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Pasuruan | -4,2067 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0617 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Sidoarjo | -3,8587 | 0,1447 | 0,0101 | -0,1093 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Mojokerto | -4,3431 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0695 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Jombang | -4,6484 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0400 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Nganjuk | -5,0299 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0184 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Madiun | -5,1742 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0070 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Magetan | -5,1204 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0081 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Ngawi | -5,1189 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0082 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Bojonegoro | -4,7482 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0295 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Taban | -4,5353 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0399 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Lamongan | -4,0528 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0991 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Gresik | -3,8357 | 0,1447 | 0,0101 | -0,1019 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Bangkalan | -4,0283 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0748 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Sampang | -4,1384 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0573 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Pamekasan | -4,1421 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0573 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Sumenep | -4,1455 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0569 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Kota Kediri | -5,1328 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0167 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Kota Blitar | -5,0479 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0187 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Kota Malang | -4,5967 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0408 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Kota Probolinggo | -4,3080 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0500 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Kota Pasuruan | -4,2067 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0617 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Kota Mojokerto | -4,3549 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0674 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Kota Madiun | -5,1893 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0065 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Kota Surabaya | -3,8389 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0972 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |
| Kota Batu | -4,6097 | 0,1447 | 0,0101 | -0,0409 | 0,0313 | 0,8756 | -0,0051 | 0,0063 |

Tabel 1.15 Persamaan Estimasi Parameter MGWR untuk masing-masing kabupaten/kota di Jawa Timur

| Persamaan Estimasi |
|---|
| $\hat{Y}_{Pacitan} = -5,1082 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0081X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Ponorogo} = -5,1859 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0061X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Trenggalek} = -5,2040 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0099X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Tulungagung} = -5,1969 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0114X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Blitar} = -5,0484 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0185X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kediri} = -5,1864 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0135X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Malang} = -4,5915 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0410X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Lumajang} = -4,4874 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0420X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Jember} = -4,5980 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0344X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Banyuwangi} = -4,5361 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0377X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Bondowoso} = -4,5908 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0342X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Situbondo} = -4,4286 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0420X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Probolinggo} = -4,3144 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0494X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Pasuruan} = -4,2067 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0617X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Sidoarjo} = -3,8587 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,1093X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Mojokerto} = -4,3431 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0695X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Jombang} = -4,6484 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0400X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Nganjuk} = -5,0299 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0184X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Madiun} = -5,1742 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0070X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Magetan} = -5,1204 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0081X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Ngawi} = -5,1189 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0082X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Bojonegoro} = -4,7482 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0295X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Tuban} = -4,5353 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0400X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Lamongan} = -4,0528 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0991X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Gresik} = -3,8357 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,1019X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Bangkalan} = -4,0283 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0748X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Sampang} = -4,1384 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0573X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Pamekasan} = -4,1421 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0573X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Sumenep} = -4,1455 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0569X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Kediri} = -5,1328 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0167X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Blitar} = -5,0479 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0187X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Malang} = -4,5967 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0408X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Probolinggo} = -4,3080 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0500X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Pasuruan} = -4,2067 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0617X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Mojokerto} = -4,3549 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0674X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Madiun} = -5,1893 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0065X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Surabaya} = -3,8389 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0972X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |
| $\hat{Y}_{Kota Batu} = -4,6097 + 0,1447 X_1 + 0,0101X_2 - 0,0409X_3 + 0,0313X_4 + 0,8756X_5 - 0,0051X_6 + 0,0063X_7$ |

Tabel 1.17 Hasil Uji Hipotesis untuk Variabel Lokal di Kabupaten/Kota Jawa Timur

| Kabupaten/Kota | X3 | P-Value | Keputusan |
|------------------|---------|---------|----------------|
| Pacitan | -0,6287 | 0,2667 | Gagal Tolak H0 |
| Ponorogo | -0,4720 | 0,3199 | Gagal Tolak H0 |
| Trenggalek | -0,5911 | 0,2791 | Gagal Tolak H0 |
| Tulungagung | -0,6140 | 0,2715 | Gagal Tolak H0 |
| Blitar | -0,9574 | 0,1724 | Gagal Tolak H0 |
| Kediri | -0,6622 | 0,2560 | Gagal Tolak H0 |
| Malang | -2,1686 | 0,0184 | Tolak H0 |
| Lumajang | -1,6655 | 0,0522 | Gagal Tolak H0 |
| Jember | -1,2489 | 0,1099 | Gagal Tolak H0 |
| Banyuwangi | -1,6560 | 0,0532 | Gagal Tolak H0 |
| Bondowoso | -1,2122 | 0,1167 | Gagal Tolak H0 |
| Situbondo | -1,5178 | 0,0689 | Gagal Tolak H0 |
| Probolinggo | -1,9553 | 0,0292 | Tolak H0 |
| Pasuruan | -2,2770 | 0,0144 | Tolak H0 |
| Sidoarjo | -2,9295 | 0,0029 | Tolak H0 |
| Mojokerto | -3,1013 | 0,0019 | Tolak H0 |
| Jombang | -2,3511 | 0,0122 | Tolak H0 |
| Nganjuk | -1,1651 | 0,1258 | Gagal Tolak H0 |
| Madiun | -0,5175 | 0,3040 | Gagal Tolak H0 |
| Magetan | -0,6430 | 0,2621 | Gagal Tolak H0 |
| Ngawi | -0,6490 | 0,2602 | Gagal Tolak H0 |
| Bojonegoro | -2,0095 | 0,0260 | Tolak H0 |
| Tuban | -2,6707 | 0,0056 | Tolak H0 |
| Lamongan | -3,0579 | 0,0021 | Tolak H0 |
| Gresik | -2,8633 | 0,0035 | Tolak H0 |
| Bangkalan | -2,9512 | 0,0028 | Tolak H0 |
| Sampang | -2,2307 | 0,0160 | Tolak H0 |
| Pamekasan | -2,2499 | 0,0153 | Tolak H0 |
| Sumenep | -2,2318 | 0,0160 | Tolak H0 |
| Kota Kediri | -0,8823 | 0,1917 | Gagal Tolak H0 |
| Kota Blitar | -0,9636 | 0,1708 | Gagal Tolak H0 |
| Kota Malang | -2,1600 | 0,0187 | Tolak H0 |
| Kota Probolinggo | -1,9803 | 0,0277 | Tolak H0 |
| Kota Pasuruan | -2,2770 | 0,0144 | Tolak H0 |
| Kota Mojokerto | -3,0782 | 0,0020 | Tolak H0 |
| Kota Madiun | -0,4698 | 0,3207 | Gagal Tolak H0 |
| Kota Surabaya | -2,9099 | 0,0031 | Tolak H0 |
| Kota Batu | -2,1923 | 0,0174 | Tolak H0 |

Tabel 1.18 Tabel Nilai Residual per Kabupaten/Kota

| No | Kabupaten/Kota | e_{Regresi} | e_{GWR} | e_{MGWR} |
|----|-------------------------------|----------------------|------------------|-------------------|
| 1 | e_{Pacitan} | 0,6517890 | 1,833302606 | 0,0797890 |
| 2 | e_{Ponorogo} | 0,5316420 | 1,714245722 | 0,4520962 |
| 3 | $e_{\text{Trenggalek}}$ | 0,2028547 | 1,226950162 | 0,0217630 |
| 4 | $e_{\text{Tulungagung}}$ | -0,8709671 | 1,010521754 | -0,5865464 |
| 5 | e_{Blitar} | -0,2811118 | 0,999107883 | -0,0289089 |
| 6 | e_{Kediri} | -0,0784284 | 0,775560612 | 0,3170734 |
| 7 | e_{Malang} | -0,0084812 | 0,654417269 | 0,4276094 |
| 8 | e_{Lumajang} | -0,9061119 | 0,651789044 | -0,5416811 |
| 9 | e_{Jember} | -0,4456769 | 0,623984031 | -0,3139703 |
| 10 | $e_{\text{Banyuwangi}}$ | -0,8231772 | 0,531641981 | -0,8381946 |
| 11 | $e_{\text{Bondowoso}}$ | 0,9991079 | 0,437411972 | 0,9978708 |
| 12 | $e_{\text{Situbondo}}$ | -0,8240111 | 0,437127271 | -0,7677978 |
| 13 | $e_{\text{Probolinggo}}$ | -0,2179878 | 0,285114969 | 0,2331926 |
| 14 | e_{Pasuruan} | -1,0453073 | 0,202854744 | -0,9889037 |
| 15 | e_{Sidoarjo} | 1,7142457 | 0,164492156 | 1,0595471 |
| 16 | $e_{\text{Mojokerto}}$ | -1,1011341 | 0,137461802 | -1,2088172 |
| 17 | e_{Jombang} | -0,3600213 | 0,127200504 | -0,4274507 |
| 18 | e_{Nganjuk} | -1,5133844 | -0,008481194 | -1,3352324 |
| 19 | e_{Madiun} | -0,2849108 | -0,078428438 | -0,1896529 |
| 20 | e_{Magetan} | -0,0952267 | -0,095226734 | 0,0341009 |
| 21 | e_{Ngawi} | 0,2851150 | -0,172360846 | 0,1696582 |
| 22 | $e_{\text{Bojonegoro}}$ | -0,9055564 | -0,217987792 | -0,6670574 |
| 23 | e_{Tuban} | -0,2464652 | -0,246465222 | -0,0027646 |
| 24 | e_{Lamongan} | 0,4374120 | -0,281111805 | 0,0736660 |
| 25 | e_{Gresik} | 1,2269502 | -0,284910789 | 0,5537421 |
| 26 | $e_{\text{Bangkalan}}$ | 0,6239840 | -0,360021302 | 0,1768864 |
| 27 | e_{Sampang} | -0,5163382 | -0,445676889 | -0,5412630 |
| 28 | $e_{\text{Pamekasan}}$ | 1,0105218 | -0,501678983 | 0,5047320 |
| 29 | e_{Sumenep} | 0,7755606 | -0,516338151 | 0,6036185 |
| 30 | $e_{\text{Kota Kediri}}$ | 0,1644922 | -0,61484692 | 0,4511438 |
| 31 | $e_{\text{Kota Blitar}}$ | -0,6148469 | -0,823177159 | -0,3818860 |
| 32 | $e_{\text{Kota Malang}}$ | -0,5016790 | -0,824011074 | -0,6504654 |
| 33 | $e_{\text{Kota Probolinggo}}$ | 0,1272005 | -0,870967108 | -0,2018432 |
| 34 | $e_{\text{Kota Pasuruan}}$ | 0,6544173 | -0,905556353 | 0,0353490 |
| 35 | $e_{\text{Kota Mojokerto}}$ | 0,1374618 | -0,906111886 | -0,2298491 |
| 36 | $e_{\text{Kota Madiun}}$ | -0,1723608 | -1,045307286 | 0,2254740 |
| 37 | $e_{\text{Kota Surabaya}}$ | 1,8333026 | -1,101134139 | 1,4361677 |
| 38 | $e_{\text{Kota Batu}}$ | 0,4371273 | -1,513384411 | 0,0574723 |

Tabel 1.19 Tabel Nilai Prediksi per Kabupaten/Kota

| No | Kabupaten/Kota | \hat{Y}_{Regresi} | \hat{Y}_{GWR} | \hat{Y}_{MGWR} |
|----|------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1 | Pacitan | -0,149767171 | 0,400951307 | 0,422232879 |
| 2 | Ponorogo | 1,057136624 | 1,518673702 | 1,136682356 |
| 3 | Trenggalek | 0,368094618 | 0,575658613 | 0,549186404 |
| 4 | Tulungagung | 2,684908841 | 1,891951802 | 2,400488116 |
| 5 | Blitar | 1,56546067 | 1,462913454 | 1,313257717 |
| 6 | Kediri | 2,73443432 | 2,716669398 | 2,338932523 |
| 7 | Malang | 3,918967363 | 3,800079169 | 3,482876719 |
| 8 | Lumajang | 3,798768811 | 3,139352533 | 3,434337991 |
| 9 | Jember | 6,882355503 | 6,626961816 | 6,750648878 |
| 10 | Banyuwangi | 4,343074227 | 4,227725295 | 4,358091651 |
| 11 | Bondowoso | 0,914778708 | 1,472374535 | 0,91601579 |
| 12 | Situbondo | 2,727558542 | 2,24214499 | 2,671345304 |
| 13 | Probolinggo | 2,940623579 | 2,582145918 | 2,489443165 |
| 14 | Pasuruan | 5,13155855 | 5,344660837 | 5,075154961 |
| 15 | Sidoarjo | 5,373797656 | 6,280402864 | 6,028496312 |
| 16 | Mojokerto | 3,567589428 | 3,220337346 | 3,675272498 |
| 17 | Jombang | 3,244636687 | 3,342423249 | 3,312066122 |
| 18 | Nganjuk | 3,194066333 | 2,308165609 | 3,015914311 |
| 19 | Madiun | 1,494588208 | 1,556409429 | 1,399330305 |
| 20 | Magetan | 1,127990266 | 1,046332072 | 0,998662584 |
| 21 | Ngawi | 1,281836598 | 1,088228266 | 1,397293332 |
| 22 | Bojonegoro | 4,087708729 | 3,735634779 | 3,849209796 |
| 23 | Tuban | 3,01620146 | 2,735388552 | 2,772500852 |
| 24 | Lamongan | 3,801628558 | 3,834851738 | 4,165374533 |
| 25 | Gresik | 2,946609253 | 3,742081861 | 3,619817318 |
| 26 | Bangkalan | 1,604671424 | 2,033950405 | 2,05176905 |
| 27 | Sampang | 2,369338795 | 2,253024716 | 2,39426368 |
| 28 | Pamekasan | 0,742534032 | 1,270741458 | 1,248323764 |
| 29 | Sumenep | 2,126286645 | 2,396778055 | 2,298228707 |
| 30 | Kota Kediri | 2,014765266 | 1,979014739 | 1,728113579 |
| 31 | Kota Blitar | 1,05253647 | 0,491012175 | 0,81957554 |
| 32 | Kota Malang | 3,806752046 | 3,961315354 | 3,955538443 |
| 33 | Kota Probolinggo | 0,840081915 | 1,325543857 | 1,169125667 |
| 34 | Kota Pasuruan | 0,319757899 | 0,725795866 | 0,938826144 |
| 35 | Kota Mojokerto | 0,881516233 | 0,693486646 | 1,248827154 |
| 36 | Kota Madiun | 1,338384189 | 1,023981189 | 0,940549363 |
| 37 | Kota Surabaya | 10,78846929 | 12,4945885 | 11,1856042 |
| 38 | Kota Batu | 0,060299436 | 0,12231398 | 0,439954435 |