

**Pemilihan Model Terbaik *Geographically Weighted Regression (GWR)*
dengan Fungsi Pembobot *Adaptive Gaussian Kernel* dan *Adaptive Tricube
Kernel***

(Studi Kasus: Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Tuberkulosis (TBC)
Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021)

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagai persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Matematika



Diajukan oleh

Ana Alfiatur Rohmaniyah
20106010035

Kepada

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2024



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Ana Alfiatur Rohmaniyah
NIM : 20106010035
Judul Skripsi : Pemilihan Model Terbaik *Geographically Weighted Regression (GWR)* dengan Fungsi Pembobot *Adaptive Gaussian Kernel* dan *Adaptive Tricube Kernel* (Studi Kasus: Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Tuberkulosis (TBC) Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Matematika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 20 Februari 2024

Pembimbing I

Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc.

NIP. 19750912 200801 2 015

Pembimbing II

Deddy Rahmadi, M.Sc.

NIP. 19930807 202203 1 001



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-425/Un.02/DST/PP.00.9/03/2024

Tugas Akhir dengan judul : Pemilihan Model Terbaik Geographically Weighted Regression (GWR) dengan Fungsi Pembobot Adaptive Gaussian Kernel dan Adaptive Tricube Kernel (Studi Kasus: Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Tuberkulosis (TBC) Menurut Kabupaten/ Kota di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ANA ALFIATUR ROHMANIYAH
Nomor Induk Mahasiswa : 20106010035
Telah diujikan pada : Kamis, 07 Maret 2024
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 65f27ca4612de



Penguji I
Deddy Rahmadi, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 65f1303cb4aa4



Penguji II
Arya Fendha Ibnu Shina, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 65efc5f647b4c



Yogyakarta, 07 Maret 2024
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 65f2ab3617353

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ana Alfiatur Rohmaniyah
NIM : 20106010035
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 20 Februari 2024



Ana Alfiatur Rohmaniyah

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

“Kita boleh berbeda pendapat, tetapi jangan abaikan adab kesantunan dalam berkomunikasi. Apalagi dengan orang yang lebih tinggi usia, pengalaman, maupun pencapaiannya. Berendah hatilah” (Addie MS)

“Menuntut ilmu adalah taqwa, menyampaikan ilmu adalah ibadah, mengulang-ulang ilmu adalah dzikir, dan mencari ilmu adalah jihad” (Imam Al Ghazali)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

Kedua orang tua yang merupakan inspirasi terbesar penulis.

Terima kasih atas do'a, kasih sayang, perhatian, motivasi, dan nasehat yang selalu diberikan setiap harinya serta selalu memberikan yang lebih baik dari apa yang dibutuhkan oleh penulis.

Kakak dan seluruh anggota keluarga yang selalu memberikan motivasi untuk melangkah maju dan mendoakan penulis dalam segala situasi.

Guru-guruku yang telah menjadi pahlawan tanpa tanda jasa, penulis mengucapkan banyak terima kasih atas ilmu dan waktu yang telah diberikan.



**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

PRAKATA

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Pemilihan model terbaik *Geographically Weighted Regression (GWR)* dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel* (Studi Kasus: faktor-faktor yang mempengaruhi penyakit tuberkulosis (TBC) menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah tahun 2021)”. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW yang kita nanti-nantikan syafaatnya kelak di yaumul qiyamah.

Penulisan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar kesarjanaan pada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya motivasi, bimbingan, arahan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan Terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Phil Al Makin, MA., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Muchammad Abrori, S.Si., M.kom., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Bapak Arif Munandar, M.Sc., selaku Dosen Penasehat Akademik mahasiswa matematika angkatan 2020 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Ibu Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc., dan bapak Deddy Rahmadi, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta memberikan arahan kepada penulis dengan penuh kesabaran sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan

6. Segenap Dosen dan Staff Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan ilmu dan pelayanan yang baik selama perkuliahan.
7. Orang tua penulis, bapak Noor Rohim dan ibu Kanirah yang telah memberikan kasih sayang kepada penulis serta senantiasa selalu mendoakan dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Kakak penulis Muhammad Syaifur Rohman, S.E yang selalu memberikan semangat dan masukan kepada penulis.
9. Pengasuh pondok pesantren Nurul Ummah Putri abah KH. Munir Syafa'at dan ibunda Hj. Barokah Nawawi yang senantiasa selalu mendoakan dan memotivasi penulis.
10. Teman-teman matematika angkatan 2020 dan teman-teman satu bimbingan tugas akhir yang telah menghabiskan waktu bersama, bertukar pikiran, dan momen-momen kebersamaan selama perkuliahan di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
11. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan segala bentuk saran dan kritik yang bersifat membangun yang dapat digunakan pada penelitian selanjutnya. Selain itu, penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak yang telah membacanya. Aamiin.

Yogyakarta, 20 Februari 2024

Penulis,

Ana Alfiatur Rohmaniyah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO... ..	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
INTISARI	xx
ABSTRACT	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah.....	5
1.3 Rumusan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Tinjauan Pustaka	7
1.7 Sistematika Penulisan.....	12
BAB II LANDASAN TEORI	14
2.1 Matriks	14
2.2 Jenis Matriks	14
2.2.1 Matriks Bujur Sangkar.....	14
2.2.2 Matriks Diagonal	15
2.2.3 Matriks Segitiga bawah	15
2.2.4 Matriks Segitiga Atas	15
2.2.5 Matriks Identitas	15

2.3 Operasi Matriks.....	16
2.3.1 Penjumlahan dan Pengurangan Matriks	16
2.3.2 Perkalian Matriks.....	16
2.3.2 <i>Transpose</i> Matriks	17
2.3.3 <i>Trace</i> Matriks.....	18
2.3.4 <i>Invers</i> Matriks.....	18
2.3 Vektor	19
2.4 Operasi Vektor	20
2.4.1 Kesamaan Dua Vektor.....	20
2.4.2 Penjumlahan dan Pengurangan.....	20
2.4.3 Perkalian Skalar dengan Vektor	21
2.5 Variabel Random	21
2.5.1 Variabel Random Diskrit.....	22
2.5.2 Variabel Random Kontinu.....	22
2.6 Analisis Regresi Linear Sederhana	23
2.7 Analisis Regresi Linear Berganda	26
2.7 Estimasi Parameter Regresi Linear Berganda.....	27
2.8 Uji Asumsi Klasik.....	28
2.8.1 Uji Normalitas	28
2.8.2 Uji Multikolinearitas.....	29
2.8.3 Uji Autokorelasi.....	29
2.8.4 Uji Heteroskedastisitas	30
2.9 Uji Hipotesis Statistika.....	31
2.9.1 Uji Simultan (Uji F).....	31
2.9.2 Uji Parsial (Uji t)	33
2.10 Data Spasial	34
2.11 Tuberkulosis (TBC)	35
2.12 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Tuberkulosis (TBC).....	36
2.12.1 Rasio Jenis Kelamin/ <i>Sex Ratio</i> (X_1)	36
2.12.2 Garis Kemiskinan (X_2)	37
2.12.3 Banyaknya Permukiman Kumuh (X_3).....	38
2.12.4 Kepadatan Penduduk (X_4)	39

2.12.5 Angka Keberhasilan Pengobatan Tuberkulosis (X_5)	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1 Jenis dan Sumber Data Penelitian	41
3.2 Obyek Penelitian	41
3.3 Variabel Penelitian	41
3.4 Jenis dan Metode Penelitian	41
3.5 Metode Analisis Data	42
BAB IV PEMBAHASAN	46
4.1 <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR)	46
4.2 Estimasi Parameter Model <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR)	47
4.3 Koordinat Spasial	48
4.4 <i>Bandwidth</i> Optimum Model <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR)	49
4.5 Fungsi Pembobot Model <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR)	49
4.6 Uji Hipotesis <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR)	52
4.6.1 Pengujian Kesesuaian Model (<i>Goodness of Fit</i>)	52
4.6.2 Pengujian Parameter Model GWR	53
4.7 Pemilihan Model Terbaik	54
4.7.1 Koefisien Determinasi (R^2)	54
4.7.2 <i>Akaike Information Criterion</i> (AIC)	55
BAB V STUDI KASUS	57
5.1 Deskriptif Data	57
5.2 Analisis Regresi Linear Berganda	64
5.3 Estimasi Parameter Analisis Regresi Linear Berganda	65
5.4 Uji Hipotesis Model Analisis Regresi Linear Berganda	67
5.4.1 Uji Simultan (Uji F)	67
5.5 Uji Asumsi Klasik Analisis Regresi Linear Berganda	70
5.5.1 Uji Normalitas	70
5.5.2 Uji Multikolinearitas	71
5.5.3 Uji Autokorelasi	72
5.5.4 Uji Heteroskedastisitas	73

5.6 <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i>	75
5.6.1 <i>Jarak Euclidean</i>	75
5.6.2 <i>Bandwidth Optimum Geographically Weighted Regression (GWR)</i> dengan Fungsi Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	77
5.6.3 <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i> dengan Fungsi Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	78
5.6.4 Estimasi Parameter Model <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR) dengan Fungsi Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	80
5.6.5 Uji Hipotesis Model <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i> dengan Fungsi Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	84
5.6.6 <i>Bandwidth Optimum Geographically Weighted Regression (GWR)</i> dengan Fungsi Pembobot <i>Adaptive Tricube Kernel</i>	90
5.6.7 <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i> dengan Fungsi Pembobot <i>Adaptive Tricube Kernel</i>	92
5.6.8 Estimasi Parameter Model <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR) dengan Fungsi Pembobot <i>Adaptive tricube Kernel</i>	94
5.6.9 Uji Hipotesis Model <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i> dengan Fungsi Pembobot <i>Adaptive Tricube Kernel</i>	98
5.6.10 Pemilihan Model Terbaik Pemodelan <i>Geographically Weighted</i> <i>Regression (GWR)</i> dengan Fungsi Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i> dan <i>Adaptive Tricube Kernel</i>	105
BAB VI PENUTUP	108
6.1 Kesimpulan	108
6.2 Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	112
LAMPIRAN	116
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	132

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tabel perbandingan penelitian sekarang dan terdahulu	9
Tabel 2.1 ANOVA regresi.....	32
Tabel 5.1 Statistika deskriptif	58
Tabel 5.2 Hasil estimasi parameter analisis regresi linear berganda.....	65
Tabel 5.3 Hasil uji simultan	68
Tabel 5.4 Hasil uji parsial.....	69
Tabel 5.5 Hasil uji normalitas	71
Tabel 5.6 Hasil uji multikolinearitas	72
Tabel 5.7 Hasil uji durbin-watson	73
Tabel 5.8 Hasil uji heteroskedastisitas	74
Tabel 5.9 Jarak <i>euclidean</i> Kota Semarang dengan 35 kabupaten/kota yang berada di Provinsi Jawa Tengah	76
Tabel 5.10 Nilai <i>bandwidth</i> optimum pada kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah dengan fungsi pembobot <i>adaptive gaussian kernel</i>	77
Tabel 5.11 Matriks pembobot pada Kota Semarang.....	79
Tabel 5.12 Estimasi parameter secara lokal model GWR dengan fungsi pembobot <i>adaptive gaussian kernel</i>	81
Tabel 5.13 Ringkasan estimasi model GWR dengan fungsi pembobot <i>adaptive gaussian kernel</i>	82
Tabel 5.14 Hasil uji kesesuaian model GWR dengan fungsi pembobot <i>adaptive gaussian kernel</i>	84
Tabel 5.15 Uji parameter model GWR dengan fungsi pembobot <i>adaptive gaussian kernel</i>	85
Tabel 5.16 Variabel independen yang signifikan dengan model GWR <i>adaptive gaussian kernel</i>	87
Tabel 5.17 Kelompok kabupaten/kota pada model GWR fungsi pembobot <i>adaptive gaussian kernel</i>	88
Tabel 5.18 Nilai <i>bandwidth</i> optimum pada kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah dengan fungsi pembobot <i>adaptive tricube kernel</i>	91

Tabel 5.19 Matriks pembobot GWR dengan fungsi pembobot <i>adaptive tricube kernel</i> pada Kota Semarang	93
Tabel 5.20 Estimasi parameter secara lokal model GWR dengan fungsi pembobot <i>adaptive tricube kernel</i>	95
Tabel 5.21 Ringkasan estimasi model GWR dengan fungsi pembobot <i>adaptive tricube kernel</i>	97
Tabel 5.22 Uji kesesuaian model GWR dengan fungsi pembobot <i>adaptive tricube kernel</i>	99
Tabel 5.23 Uji parameter model GWR dengan fungsi pembobot <i>adaptive tricube kernel</i>	100
Tabel 5.24 Variabel independen yang signifikan dengan model GWR <i>adaptive tricube kernel</i>	101
Tabel 5.25 Kelompok kabupaten/kota pada model GWR fungsi pembobot <i>adaptive tricube kernel</i>	103
Tabel 5.26 Kriteria pemilihan model terbaik <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i>	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Persentase jumlah kasus tuberkulosis menurut kelompok usia .	4
Gambar 1.2 Banyaknya kasus TBC di Indonesia tahun 2021	4
Gambar 2.1 Vektor	20
Gambar 3.1 Flowchart penelitian.....	45
Gambar 5.1 Peta persebaran banyaknya kasus penemuan penyakit tuberkulosis per 100000 penduduk menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah.....	59
Gambar 5.2 Peta persebaran rasio jenis kelamin menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah.....	60
Gambar 5.3 Peta persebaran garis kemiskinan menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah.....	61
Gambar 5.4 Peta persebarab banyaknya permukiman kumuh menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah	62
Gambar 5.5 Peta persebarab kepadatan penduduk menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah	63
Gambar 5.6 Peta persebaran angka keberhasilan pengobatan tuberkulosis menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah.....	64
Gambar 5.7 Peta persebaran variabel independen yang mempengaruhi angka penemuan penyakit tuberkulosis (TBC) Provinsi Jawa Tengah tahun 2021 pada pemodelan GWR <i>adaptive gaussian kernel</i>	89
Gambar 5.8 Peta persebaran variabel independen yang mempengaruhi angka penemuan penyakit tuberkulosis (TBC) Provinsi Jawa Tengah tahun 2021 pada pemodelan GWR <i>adaptive tricube kernel</i>	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	116
Lampiran 2	117
Lampiran 3	118
Lampiran 4	118
Lampiran 5	119
Lampiran 6	119
Lampiran 7	119
Lampiran 8	120
Lampiran 9	122
Lampiran 10	122
Lampiran 11	125
Lampiran 12	126
Lampiran 13	127
Lampiran 14	127
Lampiran 15	128
Lampiran 16	128
Lampiran 17	129
Lampiran 18	130
Lampiran 19	131
Lampiran 20	131

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR SIMBOL

$A_{m \times n}$: matriks dengan baris sebanyak m dan kolom sebanyak n
a_{ij}	: entri matriks baris ke- i dan kolom ke- j
I	: matriks identitas
c	: bilangan skalar
$\text{tr}(A)$: nilai <i>trace</i> matriks A
A^{-1}	: <i>invers</i> matriks A
\vec{a}	: vektor a
Y_i	: variabel dependen
X_i	: variabel independen
β_0	: intersep
β_1	: koefisien slop (kemiringan), mengukur besarnya perubahan nilai Y_i yang disebabkan bertambahnya nilai X_i
ε_i	: nilai eror (galat)
\hat{Y}	: nilai estimasi variabel dependen
b_0	: nilai estimasi parameter β_0
b_1	: nilai estimasi parameter β_1
Q	: jumlah kuadrat galat
k	: banyaknya variabel independen
Y	: matriks variabel dependen
X	: matriks variabel independen
β	: matriks parameter β
β_k	: nilai koefisien variabel independen
X_{ki}	: variabel independen ke- k pada pengamatan ke- i
$\hat{\beta}$: nilai estimasi parameter β
$F_n(X)$: distribusi frekuensi kumulatif observasi (sampel)
$F_0(X)$: distribusi frekuensi kumulatif teoritik
VIF	: angka <i>Variance Inflation Factor</i> (VIF)
R_k^2	: koefisien determinasi variabel bebas ke- k

- e_i : galat (error) kuadrat terkecil pada pengamatan ke- i
 σ^2 : ragam residual galat e_i
 Z : matriks variabel bebas dengan ukuran $n \times (k + 1)$ yang telah distandarisasi
 BP : nilai *Breusch-Pagan*
 DW : nilai Durbin-Watson
 e_i : nilai galat (error) ke- i
 e_{i-1} : nilai galat (error) $i - 1$
 dL : batas bawah nilai Durbin-watson
 dU : batas atas nilai Durbin-watson
 \bar{Y} : rata-rata variabel dependen
 \hat{Y}_i : estimasi variabel dependen pada pengamatan ke- i
 $\hat{\beta}_k$: nilai estimasi parameter β_k
 $SE(\hat{\beta}_k)$: standar eror nilai estimasi parameter β_k
 GKM_{jp} : garis kemiskinan makanan daerah j di provinsi p (belum disetarakan menjadi 2100 kilokalori)
 P_{jkp} : harga komoditas k didaerah j provinsi p
 Q_{jkp} : rata-rata kuantitas komoditas k didaerah j provinsi p
 V_{jkp} : nilai pengeluaran untuk komoditas k didaerah j provinsi p
 HK_{jp} : harga rata-rata kalori untuk komoditas k didaerah j provinsi p
 F_{jp} : kebutuhan minimum di daerah j provinsi p yang sudah disetarakan dengan 21000 kilokalori setiap hari per orangnya
 $GKNM_{jp}$: pengeluaran minimum komoditas bukan makanan didaerah j dan provinsi p
 r_{kj} : rasio pengeluaran komoditas k didaerah j
 V_{jkp} : nilai pengeluaran komoditas bukan komoditas k didaerah j provinsi p
 (u_i, v_i) : koordinat letak geografis (*longitude*, *latitude*) dari lokasi pengamatan ke- i

- $W(u_i, v_i)$: diagonal pembobot yang bervariasi dari setiap prediksi parameter pada lokasi ke- i
 $w_j(u_i, v_i)$: pembobot lokasi ke- j untuk mengestimasi parameter pada lokasi ke- i
 d_{ij} : jarak *euclidean* antara lokasi pengamatan ke- i dan lokasi pengamatan ke- j
 u_i : garis lintang (*latitude*) pada lokasi ke- i
 v_i : garis bujur (*longitude*) pada lokasi ke- i
 h_i : nilai *bandwidth* pada lokasi ke- i
 C_{kk} : elemen diagonal dari matriks CC^T
 CV : nilai *cross validation*
 y_i : nilai pengamatan variabel dependen pada lokasi ke- i
 $\hat{y}_{\neq i}(h)$: nilai estimasi y_i dimana pengamatan pada lokasi ke- i dihilangkan dari proses estimasi
 JKT_{GWR} : jumlah kuadrat total model GWR
 JKS_{GWR} : jumlah kuadrat galat model GWR
 w_{ij} : nilai pembobot lokasi pengamatan ke- i

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
 SUNAN KALIJAGA
 YOGYAKARTA

INTISARI

PEMILIHAN MODEL TERBAIK *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)* DENGAN FUNGSI PEMBOBOT *ADAPTIVE GAUSSIAN KERNEL* DAN *ADAPTIVE TRICUBE KERNEL*

(Studi Kasus: Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Tuberkulosis (TBC)
Menurut kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021)

Oleh

Ana Alfiatur Rohmaniyah

NIM. 20106010035

Geographically Weighted Regression (GWR) adalah salah satu metode pengembangan model regresi linear berganda yang melibatkan aspek spasial atau lokasi. Penelitian ini akan membahas mengenai pengaplikasian metode *Geographically weighted Regression (GWR)* dengan menggunakan fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel* pada studi kasus faktor-faktor yang mempengaruhi penyakit tuberkulosis (TBC) menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah tahun 2021. Estimasi parameter metode *Geographically Weighted Regression (GWR)* dilakukan dengan menggunakan metode *Weighted Least Square (WLS)* dengan melibatkan pemberian pembobot yang berbeda pada setiap lokasi pengamatan. Besarnya nilai pembobot yang diberikan disesuaikan dengan jarak antar lokasi pengamatan. Selain itu, pemilihan bandwidth optimum dilakukan dengan menggunakan nilai *Cross Validation (CV)* terkecil. Pemilihan model terbaik *Geographically Weighted Regression (GWR)* dilihat dari nilai koefisien determinasi terbesar dan nilai *AIC* terkecil. Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa model *Geographically Weighted Regression (GWR)* dengan fungsi pembobot *adaptive tricube kernel* merupakan model terbaik dalam memodelkan studi kasus berupa faktor-faktor yang mempengaruhi penyakit tuberkulosis (TBC) di Provinsi Jawa Tengah tahun 2021. Model yang didapatkan dari hasil analisis penelitian ini bersifat lokal dan memiliki nilai yang berbeda-beda pada setiap lokasi pengamatan dengan tingkat ketepatan sebesar 90,3%.

Kata kunci: *GWR, Adaptive Gaussian Kernel, Adaptive Tricube Kernel, CV, AIC, Koefisien Determinasi, Tuberkulosis.*

ABSTRACT

SELECTION OF THE BEST GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR) MODEL WITH ADAPTIVE GAUSSIAN KERNEL AND ADAPTIVE TRICUBE KERNEL WEIGHTING FUNCTIONS

(Case Study: Factors that Influence Tuberculosis (TBC) According to
districts/cities in Central Java Province in 2021)

by

Ana Alfiatur Rohmaniyah

NIM. 20106010035

Geographically Weighted Regression (GWR) is a method for developing multiple linear regression models that involves spatial or location aspects. This research will discuss the application of the Geographically weighted Regression (GWR) method using the adaptive Gaussian kernel and adaptive Tricube kernel weighting functions in case studies of factors influencing tuberculosis (TBC) according to districts/cities in Central Java province in 2021. Parameter estimation for the Geographically Weighted Regression (GWR) method was carried out using the Weighted Least Square (WLS) method which involves giving different weights to each observation location. The weighting value given is adjusted to the distance between observation locations. Apart from that, the optimum bandwidth selection is carried out using the smallest Cross Validation (CV) value. The selection of the best Geographically Weighted Regression (GWR) model is seen from the largest coefficient of determination and the smallest AIC value. Based on the results of the analysis in this research, it can be concluded that the Geographically Weighted Regression (GWR) model with the adaptive tricube kernel weighting function is the best model for modeling case studies in the form of factors influencing tuberculosis (TBC) in Central Java Province in 2021. The model obtained from the results of this research analysis is local and has different values at each observation location with an accuracy rate of 90.3%.

Keywords: GWR, Adaptive Gaussian Kernel, Adaptive Tricube Kernel, CV, AIC, Coefficient of Determination, Tuberculosis.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut etimologi, statistika berasal dari bahasa latin “*status*”, bahasa inggris “*state*”, atau bahasa belanda “*stat*” yang berarti negara. Secara terminologi, statistika adalah ilmu yang mempelajari tentang metode mengumpulkan, mengolah, menyajikan, dan menganalisis data, serta menyimpulkan hasil analisis data yang telah dilakukan (Qudratullah, 2013). Secara umum statistika terdiri dari statistika deskriptif dan statistika inferensia. Statistika deskriptif adalah statistika yang mempelajari mengenai metode mengumpulkan, mengolah, menyajikan, dan menganalisis data. Sedangkan statistika inferensia yaitu statistika yang mempelajari tentang pengumpulan, pengolahan, penyajian, serta menganalisis data dalam membuat dan menarik kesimpulan (Supandi, 2020).

Statistika mengalami perkembangan menjadi statistika murni dan statistika terapan. Statistika murni merupakan statistika yang membahas mengenai perkembangan teori-teori pada ilmu statistika, sedangkan statistika terapan merupakan ilmu statistika yang dipadukan dengan ilmu-ilmu lainnya untuk memecahkan permasalahan dalam berbagai bidang kehidupan sehingga muncullah ilmu-ilmu baru seperti biostatistika, ekonometrika, data *mining*, data *science* dan lain sebagainya (Supandi, 2020). Berbagai bidang permasalahan kehidupan yang muncul sebagian besar dianalisis menggunakan analisis regresi.

Analisis regresi merupakan metode analisis statistika yang dipakai untuk mengetahui hubungan antara variabel independen dan variabel dependen (Ghozali, 2013). Analisis regresi dalam melakukan estimasi parameter modelnya biasanya menggunakan metode kuadrat terkecil atau *Ordinary Least Square* (OLS). Metode *Ordinary Least Square* (OLS) memberikan hasil terbaik ketika keempat uji asumsi klasik terpenuhi. Uji asumsi klasik yang dimaksud yaitu uji normalitas, uji autokorelasi, uji multikolinearitas, dan uji homoskedastisitas (Gujarati, 2003). Apabila salah satu dari keempat uji tersebut tidak terpenuhi, maka diperlukan metode analisis lain untuk mendapatkan model dengan hasil yang terbaik.

Pelanggaran asumsi klasik yang sering terjadi adalah heteroskedastisitas. Terjadinya heteroskedastisitas menyebabkan variansi nilai galat menjadi tidak konstan sehingga kesimpulan model yang diambil kurang dapat dipercaya. Selain itu, heteroskedastisitas diakibatkan oleh adanya heterogenitas spasial (Rahman, Syafriandi, Amalita, & Zilrahmi, 2023). Suatu kondisi dimana apabila terdapat minimal satu variabel independen yang sama, tetapi memberikan respon yang tidak sama pada setiap lokasi yang berbeda disebut sebagai heterogenitas spasial (Caraka & Yasin, 2017). Heterogenitas spasial dapat diatasi dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) (Fotheringham, Brunsdon, & Charlton, 2002).

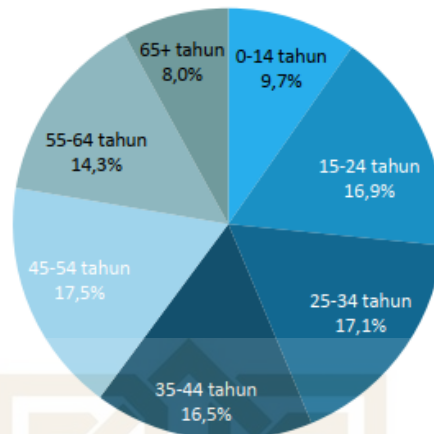
Geographically Weighted Regression (GWR) merupakan pengembangan dari metode analisis regresi linear berganda yang mempertimbangkan faktor lokasi atau spasial melalui pendekatan titik. Dalam struktur model *Geographically Weighted Regression* (GWR), pendekatan titik digunakan untuk meramalkan nilai parameter pada masing-masing titik lokasi observasi, sehingga terjadi variasi nilai parameter yang bersifat lokal di setiap titik lokasi observasi (Fotheringham, Brunsdon, & Charlton, 2002). *Geographically Weighted Regression* (GWR) menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS) untuk mengestimasi parameter modelnya (Brunsdon, Fotheringham, & Charlton, 1996). Estimasi parameter dalam model *Geographically Weighted Regression* (GWR) melibatkan matriks pembobot yang dipengaruhi oleh faktor spasial di setiap daerah observasi, di mana nilai pembobotnya akan semakin besar seiring dengan semakin dekatnya jarak antar lokasi.

Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dalam menentukan nilai pembobot dapat menggunakan fungsi kernel. Fungsi kernel menghasilkan nilai pembobot yang sesuai dengan lebar jendela (*bandwidth*) optimal yang dipengaruhi oleh kondisi data pengamatan (Lutfiani, Sugiman, & Mariani, 2019). Fungsi kernel terbagi menjadi dua jenis, yaitu *fixed kernel* dan *adaptive kernel*. *Fixed kernel* merupakan jenis fungsi yang memiliki nilai *bandwidth* yang sama untuk setiap lokasi pengamatan, sedangkan *adaptive kernel* adalah jenis fungsi yang memiliki

nilai *bandwidth* yang bervariasi untuk setiap lokasi pengamatan sehingga lebih fleksibel dalam menyesuaikan kondisi lokasi pengamatan. Fungsi *adaptive kernel* juga dapat diterapkan pada pengamatan dengan pola yang tidak teratur dan berkelompok sehingga menyebabkan nilai *bandwidth* relatif kecil. Terdapat tiga jenis fungsi *adaptive kernel*, yaitu *adaptive gaussian kernel*, *adaptive bisquare kernel*, dan *adaptive tricube kernel*.

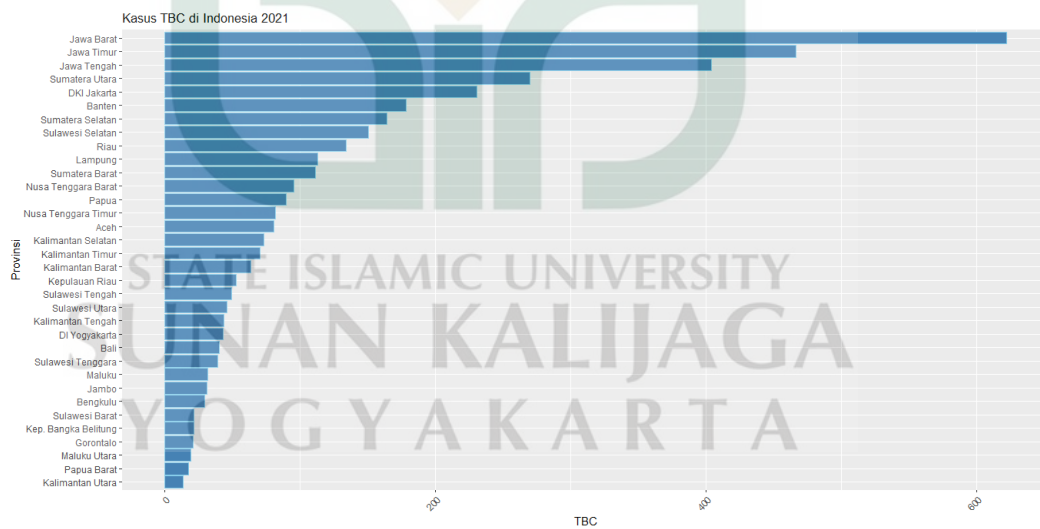
Tuberkulosis (TBC) adalah penyakit menular yang pada umumnya menginfeksi organ paru-paru akibat adanya kuman *bacillus mycobacterium tuberculosis*. Selain itu, kuman *bacillus mycobacterium tuberculosis* juga menyerang organ-organ lainnya. Kuman *bacillus mycobacterium tuberculosis* dikenal dengan sebutan Basil Tahan Asam (BTA) karena berbentuk seperti batang (basil) dan memiliki sifat tahan asam sehingga untuk mengobati BTA memerlukan waktu yang cukup lama (Muttaqin, 2008).

Berdasarkan data dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2022) bahwa kasus tuberkulosis di Indonesia pada tahun 2021 ditemukan sebanyak 397.377 kasus. Apabila dibandingkan dengan tahun sebelumnya kasus tersebut mengalami peningkatan sebesar 12,9% yang mana pada tahun 2020 ditemukan sebanyak 351.936 kasus tuberkulosis. Selain itu jika dilihat dari segi jenis kelamin persentase kasus tuberkulosis pada perempuan sebesar 42,5% lebih rendah dari persentase kasus tuberkulosis pada laki-laki sebesar 57,5%. Secara keseluruhan kasus tuberkulosis paling banyak terjadi pada rentang usia 45-54 tahun dengan persentase sebesar 17,5%. Sedangkan persentase kasus tuberkulosis terendah yakni sekitar 8% terjadi pada kelompok usia 65 tahun keatas (Kemenkes RI, 2022). Gambar 1.1 menunjukkan persentase kasus tuberkulosis berdasarkan kelompok usia.



Gambar 1.1 Persentase jumlah kasus tuberkulosis menurut kelompok usia

Berdasarkan data dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2022, tiga provinsi dengan kasus tuberkulosis terbanyak pada tahun 2021 menyumbang sekitar 44% dari total kasus tuberkulosis di Indonesia. Gambar 1.2 menunjukkan bahwa jumlah kasus tertinggi tuberkulosis berada di Pulau Jawa. Provinsi Jawa Tengah berada pada peringkat ketiga setelah Provinsi Jawa Barat dan Jawa Timur dengan kasus tuberkulosis tertinggi di Indonesia (Kemenkes RI, 2022).



Gambar 1.2 Banyaknya kasus TBC di Indonesia tahun 2021

Menurut informasi dari Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Tengah tahun 2021 bahwa tiga kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah dengan kasus tuberkulosis terbanyak pada tahun 2021 ditempati oleh Kota Tegal, Kota Magelang, dan Kota Surakarta (BPS, 2021). Selain itu berdasarkan data dari Kementerian Kesehatan

Provinsi Jawa Tengah tahun 2021, sebesar 11,2% kasus tuberkulosis terjadi pada anak usia 0-14 tahun. Kasus tersebut meningkat dari tahun 2020 yang awalnya 9,4% dari total kasus tuberkulosis yang ada di Provinsi Jawa Tengah (Kemenkes Jateng, 2022).

Berdasarkan penjabaran diatas, akan dilakukan penelitian mengenai pemilihan model terbaik angka penemuan penyakit tuberkulosis (TBC) di Provinsi Jawa Tengah tahun 2021 dengan menggunakan model *Geographically Weighted Regression* (GWR) yang melibatkan dua fungsi pembobot *adaptive kernel* yaitu *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel*. Penelitian ini menganalisis mengenai faktor-faktor yang diasumsikan mempengaruhi penyakit tuberkulosis, diantaranya rasio jenis kelamin (X_1), garis kemiskinan (X_2), banyaknya permukiman kumuh (X_3), kepadatan penduduk (X_4), dan angka keberhasilan pengobatan tuberkulosis (X_5). Sehingga penelitian ini berjudul “Pemilihan Model Terbaik *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan Fungsi Pembobot *Adaptive Gaussian Kernel* dan *Adaptive Tricube Kernel*” pada studi kasus faktor-faktor yang mempengaruhi penyakit tuberkulosis (TBC) menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah tahun 2021.

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah harus dimiliki oleh setiap penelitian. Adanya batasan masalah dalam suatu penelitian bertujuan untuk membatasi ruang lingkup pembahasan supaya tidak terlalu luas. Beberapa batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan model *Geographically Weighted Regression* (GWR);
2. Penelitian ini menggunakan data penyakit tuberkulosis (TBC) per 100000 penduduk menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2021 sebagai variabel dependen;
3. Penelitian ini menggunakan lima variabel independen, yaitu rasio jenis kelamin (X_1), garis kemiskinan (X_2), banyaknya permukiman kumuh (X_3),

kepadatan penduduk (X_4), dan angka keberhasilan pengobatan tuberkulosis (X_5);

4. Penelitian ini menggunakan dua fungsi pembobot yaitu *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel*;
5. Pemelihan model terbaik dilakukan dengan menggunakan metode koefisien determinasi (R^2) dan *Akaike Information Criterion (AIC)*;
6. *Software* yang digunakan dalam pengolahan data yaitu R Studio 4.3.0 dan QGIS 3.30.2.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana gambaran umum mengenai variabel dependen yaitu data penyakit tuberkulosis (TBC) per 100000 penduduk menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2021 serta gambaran umum mengenai lima variabel independen, yaitu rasio jenis kelamin (X_1), garis kemiskinan (X_2), banyaknya permukiman kumuh (X_3), kepadatan penduduk (X_4), dan angka keberhasilan pengobatan tuberkulosis (X_5);
2. Apa saja faktor-faktor yang diasumsikan dapat mempengaruhi banyaknya kasus penyakit tuberkulosis (TBC) menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah tahun 2021?
3. Bagaimana cara memilih model terbaik *Geographically weighted regression (GWR)* dengan melibatkan dua fungsi pembobot yaitu *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel*?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan diatas, diperoleh beberapa tujuan dilakukannya penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui gambaran umum mengenai variabel dependen yaitu data penyakit tuberkulosis (TBC) per 100000 penduduk menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2021 serta gambaran umum mengenai lima variabel

independen, yaitu rasio jenis kelamin (X_1), garis kemiskinan (X_2), banyaknya permukiman kumuh (X_3), kepadatan penduduk (X_4), dan angka keberhasilan pengobatan tuberkulosis (X_5);

2. Mengetahui faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhi banyaknya kasus penyakit tuberkulosis (TBC) menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah tahun 2021;
3. Untuk mendapatkan model terbaik *Geographically Weighted Regression* (GWR) antara dua fungsi pembobot yaitu *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan berbagai manfaat, diantaranya:

1. Bagi penulis, sebagai sarana untuk menambah wawasan, serta mengasah keterampilan mengenai model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel*;
2. Bagi Prodi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, sebagai kontributor ide mengenai pemodelan *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel*;
3. Bagi pembaca, sebagai elemen yang perlu dipertimbangkan dan menjadi acuan untuk penelitian yang akan datang.

1.6 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini, literatur yang dijadikan tinjauan pustaka ditelaah melalui kajian buku-buku, artikel, jurnal, skripsi, tesis, dan sumber relevan lainnya. Penelitian-penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai acuan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian yang berjudul “Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kematian Balita di Jawa Timur Tahun 2020 Menggunakan *Geographically Weighted Regression* (GWR)” yang dilakukan oleh Joko Ade Nursiyono dan Ima Sartika Dewi

- (2023). Metode yang diterapkan adalah *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan menggunakan fungsi pembobot *adaptive bisquare*. Estimasi parameter model dilakukan melalui metode *Weighted Least Square* (WLS), dan kriteria pemilihan *bandwidth* optimum dilihat dari nilai *CV*. Pemilihan model terbaik diukur dengan melihat nilai koefisien determinasi dan *AIC*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan model GWR lebih efektif daripada penggunaan model regresi OLS dalam menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kematian balita di Jawa Timur pada tahun 2020.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Yohanes Taek, Rokhana Dwi Becti, dan Kris Suryowati (2023) dengan judul “Penerapan Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) Menggunakan Fungsi Pembobot *Adaptive Kernel Gaussian* dan *Adaptive Kernel Bisquare* pada Tingkat Pengangguran Terbuka di Pulau Papua”. Metode yang diterapkan adalah *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan dua fungsi pembobot yaitu *adaptive kernel gaussian* dan *adaptive kernel bisquare*. Estimasi parameter model dilakukan dengan menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS), pemilihan *bandwidth* optimum dilakukan dengan nilai *CV*, dan kebaikan model dilihat menggunakan nilai koefisien determinasi (R^2) dan *AIC*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot *adaptive bisquare kernel* merupakan model terbaik untuk memodelkan tingkat pengangguran terbuka di Pulau Papua tahun 2020.
 3. Penelitian yang dilakukan oleh Rizki Faizatul Nisa, Sugito, dan Arief Rachman Hakim (2022) yang berjudul “Pemodelan *Mixed Geographically Weighted Regression* dengan *Adaptive Bandwidth* untuk Angka Harapan Hidup di Jawa Tengah”. Metode yang diterapkan adalah *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) dengan menggunakan fungsi pembobot *adaptive bandwidth*, estimasi parameter model dilakukan menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS), pemilihan *bandwidth* optimum menggunakan dilihat dari nilai *CV*, serta pemilihan model terbaik dilakukan dengan menggunakan nilai AIC_c . Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) dengan fungsi pembobot

adaptive kernel tricube merupakan model terbaik disebabkan memiliki nilai AIC_C terkecil.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Diah Puspita Ningrum, Toha Saifudin, Suliyanto, & Nur Chamidah (2022) yang berjudul “Pemodelan Penderita Tuberkulosis di Jawa Timur Berdasarkan Pendekatan *Geographically Weighted Regression* (GWR)”. Metode yang diterapkan adalah *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot *fixed gaussian kernel* dan *fixed bisquare kernel*, estimasi parameter model dilakukan dengan menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS), pemilihan *bandwidth* optimum dilakukan dengan menggunakan nilai *CV*, serta pemilihan model terbaik diperoleh dengan menggunakan nilai *R Square* dan *SSE*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemodelan *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot *fixed gaussian kernel* merupakan model terbaik dalam memodelkan penyakit tuberkulosis laki-laki di Jawa Timur.

Berikut disajikan tabel perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 1.1 Tabel perbandingan penelitian sekarang dan terdahulu

No.	Judul Penelitian	Studi Kasus	Metode	Hasil
1.	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kematian Balita di Jawa Timur Tahun 2020 Menggunakan <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR) (Nursiyono & Dewi, 2023)	Faktor-faktor yang mempengaruhi kematian balita di Jawa Timur tahun 2020	<i>Geographicaly Weighted Regression</i> (GWR) dengan fungsi pembobot <i>adaptive bisquare</i>	Pemodelan GWR memberikan hasil yang terbaik dibandingkan pemodelan regresi OLS

No.	Judul Penelitian	Studi Kasus	Metode	Hasil
2.	Penerapan Model <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR) Menggunakan Fungsi Pembobot <i>Adaptive Kernel Gaussian</i> dan <i>Adaptive Kernel Bisquare</i> (Taek, & Bekti, & Suryowati, 2023)	Tingkat pengangguran terbuka di Pulau Papua	<i>Geographicaly Weighted Regression</i> (GWR) dengan fungsi pembobot <i>adaptive kernel gaussian</i> dan <i>adaptive kernel bisquare</i>	Pemodelan <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR) dengan fungsi pembobot <i>adaptive bisquare kernel</i> adalah model terbaik dalam memodelkan tingkat pengangguran terbuka di Pulau Papua tahun 2020
3.	Pemodelan <i>Mixed Geographically Weighted Regression</i> dengan <i>Adaptive Bandwidth</i> untuk Angka Harapan Hidup di Jawa Tengah (Nisa, Sugito, & Hakim, 2022)	Angka harapan hidup di Jawa Tengah tahun 2020	<i>Mixed Geographicaly Weighted Regression</i> (MGWR) dengan fungsi pembobot <i>adaptive bandwidth</i>	Model terbaik dalam memodelkan angka harapan hidup di Jawa Tengah tahun 2020 adalah <i>Mixed Geographically Weighted Regression</i> (MGWR) dengan fungsi pembobot <i>adaptive kernel tricube</i>

No.	Judul Penelitian	Studi Kasus	Metode	Hasil
4.	Pemodelan Penderita Tuberkulosis di Jawa Timur Berdasarkan Pendekatan <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i> (Ningrum, dkk., 2022)	Penyakit tuberkulosis laki-laki di Jawa Timur 2020	<i>Geographical ly Weighted Regression (GWR)</i> dengan fungsi pembobot <i>fixed gaussian kernel</i> dan <i>fixed bisquare kernel</i>	Model terbaik dalam memodelkan penyakit tuberkulosis laki-laki di Jawa Timur tahun 2020 adalah <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i> dengan fungsi pembobot <i>fixed gaussian kernel</i>
5.	Pemilihan Model Terbaik <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i> dengan Fungsi Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i> dan <i>Adaptive Tricube Kernel</i> (Rohmaniyah, A. A., 2023)	Penyakit tuberkulosis (TBC) di Provinsi Jawa Tengah menurut kabupaten/kota pada tahun 2021	<i>Geographical ly Weighted Regression (GWR)</i> dengan fungsi pembobot <i>adaptive gaussian kernel</i> dan <i>adaptive tricube kernel</i>	Model terbaik dari pemodelan penyakit tuberkulosis (TBC) di Provinsi Jawa Tengah tahun 2021 adalah <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i> dengan fungsi pembobot <i>adaptive tricube kernel</i>

Penelitian ini berjudul “Pemilihan Model Terbaik *Geographically Weighted Regression (GWR)* dengan Fungsi Pembobot *Adaptive Gaussian Kernel* dan *Adaptive Tricube Kernel*” dengan studi kasus faktor-faktor yang mempengaruhi

penyakit tuberkulosis (TBC) menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah tahun 2021. Persamaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu menggunakan metode estimasi parameter *Weighted Least Square* (WLS). Sedangkan penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian terdahulu yaitu menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan menggunakan fungsi pembobot yang digunakan berupa fungsi *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel*. Studi kasus pada penelitian ini berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi penyakit tuberkulosis (TBC) menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah tahun 2021.

1.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini memiliki sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan ini mengulas mengenai latar belakang penelitian, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada landasan teori mengulas mengenai kumpulan teori yang menunjang penulisan skripsi, diantaranya matriks, operasi matriks, vektor, operasi vektor, variabel random, analisis regresi linear sederhana, estimasi parameter analisis regresi linear sederhana, analisis regresi linear berganda, estimasi parameter analisis regresi linear berganda, uji asumsi klasik, uji signifikansi model regresi, data spasial, penyakit tuberkulosis (TBC), serta faktor-faktor yang mempengaruhi penyakit tuberkulosis (TBC) diantaranya rasio jenis kelamin (X_1), garis kemiskinan (X_2), banyaknya permukiman kumuh (X_3), kepadatan penduduk (X_4), dan angka keberhasilan pengobatan tuberkulosis (X_5).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian metodologi penelitian mengulas mengenai jenis dan sumber data penelitian, objek penelitian, variabel penelitian, jenis dan metode penelitian, metode analisis data, serta langkah-langkah penelitian (*flowchart*).

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bagian pembahasan mengulas mengenai analisis *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan menggunakan dua fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel* yang berisi tentang *Geographically Weighted Regression* (GWR), estimasi parameter model *Geographically Weighted Regression* (GWR), koordinat spasial, fungsi pembobot, *bandwidth*, uji hipotesis, serta pemilihan model terbaik *Geographically Weighted Regression* (GWR) menggunakan metode koefisien determinasi (R^2) dan *AIC*.

BAB V STUDI KASUS

Pada bagian studi kasus, membahas mengenai pengolahan data penyakit tuberkulosis (TBC) Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2021. Pengolahan data dilakukan dengan pendekatan model model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan dua fungsi pembobot, yaitu *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel* sehingga diperoleh hasil yang terbaik.

BAB VI PENUTUP

Bagian penutup mengulas mengenai kesimpulan yang didapatkan dari hasil pengolahan data, serta berisi mengenai saran hasil pembahasan yang telah dilakukan.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dan penjelasan pada bab-bab sebelumnya, diperoleh kesimpulan penelitian ini, yaitu:

1. Statistika Deskriptif variabel dependen dan independen yaitu sebagai berikut:
 - a. Variabel dependen yaitu angka penemuan penyakit tuberkulosis (TBC) per 100.000 penduduk terbanyak berada di Kota Tegal dengan angka 762,1 kasus, sedangkan kasus terendah berada di Kabupaten Karanganyar dengan angka 36,2. Selain itu, nilai rata – rata kasus ini mencapai angka 138 kasus. Serta nilai tengah dari kasus ini yaitu 105.
 - b. Variabel independen yang pertama yaitu rasio jenis kelamin (X_1). Nilai tertinggi rasio jenis kelamin sebesar 103,94 yang berada di Kabupaten Wonosobo, sedangkan nilai terendahnya berada di Kota Surakarta sebesar 96,84. Selain itu, nilai rata – rata variabel ini mencapai 100,88. Serta nilai tengahnya sebesar 101,2.
 - c. Variabel independen yang kedua yaitu garis kemiskinan (X_2). Nilai tertinggi garis kemiskinan mencapai angka 543929 yang berada di Kota Semarang, sedangkan nilai terendahnya berada di Kabupaten Batang sebesar 318330. Selain itu, nilai rata – rata variabel ini mencapai 414277. Serta nilai tengahnya sebesar 407387.
 - d. Variabel independen yang ketiga yaitu banyaknya permukiman kumuh (X_3). Nilai tertinggi banyaknya permukiman kumuh mencapai angka 38 yang berada di Kota Tegal, sedangkan tidak ada satupun permukiman kumuh di Kota Magelang. Selain itu, nilai rata – rata variabel ini mencapai 11,46. Serta nilai tengahnya sebesar 8 permukiman kumuh.
 - e. Variabel independen yang keempat yaitu kepadatan penduduk (X_4). Nilai kepadatan penduduk terbesar mencapai angka 11361 yang berada di Kota Surakarta, sedangkan nilai terendahnya berada di Kabupaten Blora

sebesar 491. Selain itu, nilai rata – rata variabel ini mencapai 2102. Serta nilai tengahnya sebesar 1124.

- f. Variabel independen yang kelima yaitu angka keberhasilan pengobatan tuberkulosis (X_5). Nilai angka keberhasilan pengobatan tuberkulosis terbanyak mencapai angka 94,5 yang berada di Kabupaten Karanganyar, sedangkan nilai terendahnya berada di Kabupaten Temanggung sebesar 70,1. Selain itu, nilai rata – rata variabel ini mencapai 85,02. Serta nilai tengahnya sebesar 86,4.
2. Pemodelan angka penemuan penyakit tuberkulosis (TBC) per 100000 penduduk menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2021 menggunakan metode analisis regresi linear berganda serta *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel*, yaitu sebagai berikut:
 - a. Pemodelan studi kasus angka penemuan penyakit tuberkulosis (TBC) per 100000 penduduk menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2021 dengan menggunakan metode analisis regresi linear berganda memiliki lima variabel independen yang signifikan, diantaranya rasion jenis kelamin (X_1), angka kemiskinan (X_2), banyaknya permukiman kumuh (X_3), kepadatan penduduk (X_4) dan angka keberhasilan pengobatan penyakit tuberkulosis (X_5).

Model analisis regresi linear berganda yaitu sebagai berikut:

$$\hat{y} = -3856 + 39,81X_1 + 0,00113X_2 - 3,86X_3 + 0,3067X_4 - 6,01X_5$$

- b. Pemodelan studi kasus angka penemuan penyakit tuberkulosis (TBC) per 100000 penduduk menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2021 dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel* memiliki lima variabel independen yang signifikan, diantaranya rasion jenis kelamin (X_1), angka kemiskinan (X_2), banyaknya permukiman kumuh (X_3), kepadatan penduduk (X_4) dan angka keberhasilan pengobatan penyakit tuberkulosis (X_5).

Berikut ini salah satu model yang terbentuk dari metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel* pada Kota Tegal, yaitu:

$$\hat{Y}_{Kota\ Tegal} = -4243,83 + 43,71X_1 + 0,00117X_2 - 3,97X_3 + 0,033X_4 - 6,29X_5$$

- c. Pemodelan studi kasus angka penemuan penyakit tuberkulosis (TBC) per 100000 penduduk menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2021 di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2021 dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot *adaptive tricube kernel* memiliki lima variabel independen yang signifikan, diantaranya rasion jenis kelamin (X_1), angka kemiskinan (X_2), banyaknya permukiman kumuh (X_3), kepadatan penduduk (X_4) dan angka keberhasilan pengobatan penyakit tuberkulosis (X_5).

Berikut ini salah satu model yang terbentuk dari metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot *adaptive tricube kernel* pada Kota Tegal, yaitu:

$$\hat{Y}_{Kota\ Tegal} = -6130,83 + 66,69X_1 + 0,00146X_2 - 3,48X_3 + 0,038X_4 - 12,8X_5$$

3. Model terbaik dalam memodelkan angka penemuan penyakit tuberkulosis (TBC) per 100000 penduduk menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2021 adalah pemodelan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot *adaptive tricube kernel* yang memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,903 dan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) sebesar 379,82.

6.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan lokasi pengamatan yang lebih dipersempit lagi dari penelitian ini seperti kecamatan atau kelurahan.
2. Menggunakan 2 fungsi pembobot pada penelitian ini yaitu *adaptive gaussian kernel* dan *adaptive tricube kernel*, untuk penelitian selanjutnya dapat

menggunakan fungsi pembobot lainnya, seperti *adaptive bisquare kernel*, *fixed gaussian kernel*, *fixed bisquare kernel*, dan *fixed tricube kernel*.

3. Variabel dependen pada penelitian ini adalah angka penemuan penyakit tuberkulosis (TBC) per 100000 penduduk di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2021 dan menggunakan 5 variabel independen, sehingga penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan beragam variabel independen lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Anton, H., & Rorres, C. (2000). *Elementary Linear Algebra* (8 ed.). Canada: John Wiley and Sons.
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. London: Kluwer Academia Publisher.
- Badan Pusat Statistik Jawa Tengah. (2021). *Jumlah Kasus Penyakit di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021*. Semarang: Badan Pusat Statistik.
- Bain, L., & Engelhardt, M. (1992). *Introduction to Probability and Mathematical Statistics*. (Second, Ed.) California: Duxbury Press.
- Brunsdon, C., Fotheringham, A., & Charlton, M. (1996). *Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Nonstationarity*. *Geographical Analysis*, 28, 285.
- Budiharjo, E. (1997). *Sejumlah Permukiman Perkotaan*. Bandung: Alumni.
- Caraka, R., & Yasin, H. (2017). *Geographically Weighted Regression (GWR) Sebuah Pendekatan Regresi Geografis*. Yogyakarta: Mobius.
- Chasco, C., Garcia, I., & Vines, J. (2007). *Modeling Spatial Variations in Household Disposable Income With Geographically Weighted Regression*. Munich Personal RePEc Archive (MPRA) Working Paper, No. 1682.
- Cressie, N. (1993). *Statistics for Spatial Data*. New York: John Wiley & Sons.
- Djuraidah, A. (2020). *Monograph Penerapan dan Pengembangan Regresi Spasial dengan Studi Kasus pada Kesehatan Sosial dan Ekonomi*. Bogor: IPB Press.
- Donsu, J. D., Harmilah, & Adriani, R. B. (2019). *Pencegahan Tuberkulosis & Holistic Care*. Yogyakarta: Husada Mandiri.
- Draper, N., & Smith, H. (1998). *Applied Regression Analysis*. New York: John Wiley and Sons.
- Dwi P, S. (2017). *Matriks, Vektor & Terapannya di Bidang Teknik*. Semarang: ANDI.
- Dwinata, A. (2012). *Model Regresi Logistik Terboboti Geografis (Studi Kasus: Pemodelan Kemiskinan di Provinsi Jawa Timur)*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Fadli, M., Goejantoro, R., & Wasono. (2018). *Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) Dengan Fungsi Pembobot Tricube Terhadap Angka Kematian Ibu (AKI) di Kabupaten Kutai Kartanegara Tahun 2015*. *Jurnal Ekspansional*, 9, 11-17.

- Fotheringham, S., Brunson, C., & Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially*. New York: John Wiley and Sons.
- Ghozali, I. (2011). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan program SPSS*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Ghozali, I. (2013). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Gujarati, D. (2003). *Basic Econometrics* (4 ed.). New York: McGraw Hill.
- Gujarati, D. (2012). *Dasar-Dasar Ekonometrika (Terjemahan)*. Jakarta: Salemba.
- Imrona, M. (2013). *Aljabar Linear Dasar* (2 ed.). Jakarta: Erlangga.
- Indri, F. Z., & Putra, G. H. (2022). *Pengaruh Ukuran Perusahaan dan Konsentrasi Pasar Terhadap Kualitas Laporan Keuangan pada Perusahaan Sektor Industri Barang Konsumsi yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia pada Tahun 2016-2022*. *Jurnal Ilmu Manajemen, Ekonomi, dan Kewirausahaan*, 2, 01-17.
- Irham, A. R., & Putri, R. M. (2023). *Kepadatan Penduduk Terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Lampung*. *MKG*, 24, 91-100.
- Kementerian Kesehatan RI. (2022). *Profil Kesehatan Indonesia 2021*.
- Kementerian Kesehatan Jawa Tengah. (2022). *Profil Kesehatan Jawa Tengah Tahun 2021*.
- Kuncoro, M. (2009). *Metode Riset untuk Bisnis dan Ekonomi*. Jakarta: Erlangga.
- Lutfiani, N., Sugiman, & Mariani, S. (2019). *Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) dengan Fungsi Pembobot Kernel Gaussian dan Bi-Square*. *UNNES Journal of Mathematics*, 8, 82-91.
- Misnadiarly. (2006). *Penyakit Infeksi TB Paru dan Ekstra Paru: Mengenal, Mencegah, Mengulangi TBC Paru, Anak, pada Kehamilan*. Jakarta: Pustaka Populerobor.
- Muttaqin, A. (2008). *Buku Ajar Asuhan Keperawatan Klien dengan Gangguan Sistem Pernapasan*. Jakarta: Salemba Medika.
- Ningrum, P.D., dkk. (2022). *Pemodelan Penderita Tuberkulosis di Jawa Timur Berdasarkan Pendekatan Geographically Weighted Regression (GWR)*. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 19 (1), 19-32.
- Nisa, R. F., Sugito, & Hakim, A. R. (2022). *Pemodelan Mixed Geographically Weighted Regression Dengan Adaptive Bandwidth Untuk Angka Harapan Hidup*. *Jurnal Gaussian*, 11, 67-76.
- Nursiyono, A. J., & Dewi, S. I. (2023). *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kematian Balita di Jawa Timur Tahun 2020 Menggunakan Geographically*

- Weighted Regression (GWR). Jurnal Ilmiah Komputasi dan Statistika*, 2 (2), 32-39.
- Pamungkas, R. A., Yasin, H., & Rahmawati, R. (2016). Perbandingan Model GWR dengan Fixed dan Adaptive Bandwidth Untuk Persentase Penduduk Miskin di Jawa Tengah. *Jurnal Gaussian*, 5, 535-544.
- Putra, M. (2012). *Analisis Sistem Informasi Geografis Kepadatan Penduduk Kota Denpasar dengan Menggunakan ARC View 3.3*. *Jurnal elektronik Ilmu Komputer*, 1 (2).
- Putri, A., & Salamah, M. (2013). *Pemodelan kasus balita gizi buruk di Kabupaten Bojonegoro dengan Geographically weighted regression*. *Jurnal sains dan Seni ITS*, 2(1) hal 106-111.
- Quadratullah, F. (2013). *Analisis Regresi Terapan: Teori, Contoh Kasus, dan Aplikasi dengan SPSS*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Rahman, A., Syafriandi, Amalita, N., & Zilrahmi. (2023). *Geographically Weighted panel Regression Modeling on Human Development Index in West Sumatera*. *UNP Journal of Statistics and Data Science*, 1, 232.
- Rajabifard, A., & Williamson, I. P. (2000). *Spatial Data Infrastructures: Concept, SDI Hierarchy and Future Directions*. Melbourne: Spatial Data Infrastructure Research Group.
- Sarestha, N. (2020). *Detecting Multicollinearity in Regression Analysis*. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, hal. 39-42.
- Sari, R. A. & Ridlo, A. M. (2021). *Studi Literature: Identifikasi Faktor Penyebab Terjadinya Permukiman Kumuh di Kawasan Perkotaan*. *Jurnal Kajian Ruang*, 1 (2).
- Sarwono, S. W. (1992). *Psikologi Lingkungan*. Jakarta: Gramedia.
- Siregar, Y. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif dilengkapi dengan perhitungan manual dan SPSS*. Jakarta: Kencana.
- Soemartojo, S. M., dkk. (2018). *Parameter Estimation of Geographically Weighted Regression (GWR) model using weighted least square and its application*. *AIP Conference Proceedings*, 2014 (1).
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Supandi, E. (2020). *Statistika dan Terapannya*. Bandung: Refika Aditama.
- Suyono. (2015). *Analisis Regresi Untuk Penelitian*. Yogyakarta: Deepublish.
- Syaifudin, W., & Choiruddin, A. (2021). *Pengantar Teori Probabilitas dan Statistika*. Bengkulu: ELMARKAZI.
- Syarifuddin, Mikrayanti, & Muslim. (2016). *Aljabar Linear*. Bima: LPP Mandala.

- Taek, Y., Bekti, D. R., & Suryowati, K. (2023). *Penerapan Model Geographically 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*, 8 (2), 84-101.
- Ulfah, N., Budisusanto, Y., & Hidayat, H. (2019). *Analisis Spasial dan Temporal Terhadap Data Statistik Kependudukan Kota Surabaya Menggunakan Atlas Statistik dan Animasi Berbasis Waktu*. *Jurnal Teknik*, 8.
- Undang-Undang No. 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman
- Wahdi, A., & Puspitosari, D. R. (2021). *Mengenal Tuberkulosis*. Banyumas: CV. Pena Persada.
- Walpole, R. (1995). *Pengantar Statistika* (3 ed.). Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Yuspira, P. (2023). *Studi Kajian Garis Kemiskinan dan Penduduk Miskin di Kabupaten Deli Serdang*. *Jurnal Mahasiswa Kreatif*, 1.