

SKRIPSI

**PEMODELAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED POISSON*
REGRESSION (GWPR) PADA FUNGSI PEMBOBOT
*ADAPTIVE GAUSSIAN KERNEL***

(Studi Kasus : Faktor-Faktor yang Memengaruhi Penyakit Tuberkulosis Menurut
Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat Tahun 2022)



WIDA SILVIA FIKRIYANA
NIM. 19106010014
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

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

2024

**PEMODELAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED POISSON*
REGRESSION (GWPR) PADA FUNGSI PEMBOBOT
*ADAPTIVE GAUSSIAN KERNEL***

(Studi Kasus : Faktor-Faktor yang Memengaruhi Penyakit Tuberkulosis Menurut
Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat Tahun 2022)

Skripsi

Untuk memenuhi sebagai persyaratan

Mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Matematika



WIDA SILVIA FIKRIYANA

NIM. 19106010014

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2024

HALAMAN PERSETUJUAN



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

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 : Wida Silvia Fikriyana
NIM : 19106010014
Judul Skripsi : *Pemodelan Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR) pada Fungsi Pembobot Adaptive Gaussian Kernel*

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.

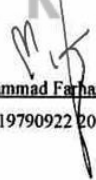
Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wasalamu'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 1 Agustus 2024

Pembimbing


Mohammad Fathan Oudratullah, S.Si., M.Si.

NIP. 19790922 200801 1 011



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1595/Un.02/DST/PP.00.9/08/2024

Tugas Akhir dengan judul : **PEMODELAN GEOGRAPHICALLY WEIGHTED POISSON REGRESSION (GWPR) PADA FUNGSI PEMBOBOT ADAPTIVE GAUSSIAN KERNEL (Studi Kasus : Faktor-Faktor yang Memengaruhi Penyakit Tuberkulosis Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat Tahun 2022)**

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : WIDA SILVIA FIKRIYANA
Nomor Induk Mahasiswa : 19106010014
Telah diujikan pada : Rabu, 21 Agustus 2024
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Mohammad Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si
SIGNED

Valid ID: 66c80bc2cbd95



Penguji I

Dr. Sugiyanto, S.Si., ST., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 66cbec20aef6



Penguji II

Sri Istiyarti Uswatun Chasanah, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 66c80a80760d3



Yogyakarta, 21 Agustus 2024

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 66cbf52ce942e

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wida Silvia Fkriyana
NIM : 19106010014
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, 14 Agustus 2024



Wida Silvia Fikriyana

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada :

Kedua orang tua tercinta, Ibu Dartin, dan Bapak Widodo yang telah menjadi inspirasi dan motivator terbesar penulis. Terimakasih atas do'a, kasih sayang yang selalu mengalir setiap harinya, serta selalu memberikan lebih yang dibutuhkan.

Kakak penulis, Wida Lutfi Steven yang selalu mendoakan secara langsung maupun tidak langsung, dan memotivasi untuk terus melangkah maju.



MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya, ...”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

“Tetap tenang, tebarkan senyuman, dan yakinkanlah semua orang punya prosesnya”



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kekuatan, kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Pemodelan *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) pada Fungsi Pembobot *Adaptive Gaussian Kernel* (Studi Kasus : Faktor-Faktor yang Memengaruhi Penyakit Tuberkulosis menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat Tahun 2022)” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat) serta sebagai perwujudan partisipasi selama melaksanakan kuliah di Program Studi Matematika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW, yang telah membawa umat manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman Islamiyah seperti sekarang ini. Penulis menyadari bahwa selama proses penulisan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya motivasi, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak terkait yaitu kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan penulis petunjuk, dan kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Noorhaidi, M.A., M.Phil., Ph.D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Bapak Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Matematika yang telah memberikan pelayanan dan kelancaran akademik.
5. Bapak Dr. Sugiyanto, S.Si., S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama perkuliahan.
6. Bapak Mohammad Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah berkenan membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

7. Bapak/Ibu Dosen serta Staff di Fakultas Sains dan Teknologi yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman dan layanan yang luar biasa sepanjang masa studi hingga penyelesaian penyusunan skripsi ini.
 8. Kedua orang tua tercinta, Bapak Widodo, M.Mar.E., dan Ibu Dartin yang selalu mendoakan yang terbaik, senantiasa memberikan dukungan moril maupun materiil, dan kasih sayang yang tiada henti kepada penulis.
 9. Kakak tersayang, Wida Lutfi Steven yang telah menjadi penyemangat dalam menjalankan tugas akhir ini.
 10. Keluarga besar penulis yang selalu memberikan motivasi dan doa untuk penulis.
 11. Teman-teman terdekat penulis, Shelia Candara P. S., Yuni Pratiwi, dan Rifda Nida'ul L., terima kasih telah menemani selama perkuliahan.
 12. Teman-teman mahasiswa Matematika angkatan 2019 yang telah berjuang dan berproses bersama, terima kasih atas bantuan dan kerja sama selama menjalani perkuliahan.
 13. Teman-teman KKN 108 Gubar, Quna, Bagus, Yuskhi, Dhila, Nila, Alfi, Afif, Idris, Luluk. Terima kasih atas kebersamaan, dan kerja sama selama KKN.
 14. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih telah mendoakan, mendukung, dan memberikan semangat kepada penulis.
- Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak dengan keberkahan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dalam mengembangkan penelitian. Selain itu, penulis berharap semoga penulisan skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi penulis pribadi maupun khalayak umum.

Yogyakarta, 13 Agustus 2024

Wida Silvia Fikriyana

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
PERSEMBAHAN	v
MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
INTISARI.....	xix
ABSTRACT.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Tinjauan Pustaka.....	7
1.7 Sistematika Penulisan.....	9
BAB II LANDASAN TEORI	11
2.1 Probabilitas.....	11
2.2 Variabel Random	11
2.2.1 Variabel Random Diskret.....	12
2.2.2 Variabel Random Kontinu	12
2.3 Distribusi Poisson.....	13

2.4 Keluarga Eksponensial	14
2.5 Matriks.....	15
2.5.1 Operasi Matriks.....	16
2.5.2 Transpose Matriks.....	17
2.5.3 Invers Matriks	18
2.5.4 Trace Matriks	18
2.6 Estimasi	19
2.6.1 Pendugaan parameter	19
2.7 Maximum Likelihood Estimation (MLE)	20
2.8 Analisis Regresi Linier Berganda	23
2.8.1 Tahapan dalam Analisis Regresi Linier Berganda	25
2.8.2 Estimasi Parameter Regresi Linier Berganda	26
2.8.3 Pengujian Parameter Model Regresi Linear secara Serentak	31
2.8.4 Pengujian Parameter Model Regresi Linear secara Parsial	32
2.9 Metode Newton-Raphson.....	33
2.10 Generalized Linear Model.....	34
2.11 Pendeteksi Multikolinearitas	36
2.12 Tuberkulosis	36
2.12.1 Sarana Kesehatan.....	38
2.12.2 Penduduk Miskin	38
2.12.3 Rumah Tangga ber-PHBS.....	38
2.12.4 Kepadatan Penduduk	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	39
3.1 Jenis dan Sumber Data	39
3.2 Metode Pengumpulan Data	39
3.3 Variabel Penelitian.....	39
3.4 Metode Analisis Data	40
3.5 Flowchart Penelitian.....	42

BAB IV PEMBAHASAN	44
4.1 Analisis Regresi Poisson	44
4.1.1 Model Regresi Poisson	44
4.1.2 Estimasi Parameter Model Regresi Poisson	45
4.1.3 Pengujian Parameter Model Regresi Poisson Secara Serentak	48
4.1.4 Pengujian Parameter Model Regresi Poisson Secara Parsial.....	48
4.2 Data Spasial	49
4.3 Pembobot Spasial Model <i>Geographically Weighted Regression</i>	51
4.4 Analisis Model <i>Geographically Weighted Poisson Regression</i> (GWPR) ...	54
4.4.1 Model <i>Geographically Weighted Poisson Regression</i> (GWPR).....	54
4.4.2 Estimasi Parameter Model GWPR	54
4.4.3 Pengujian Kesesuaian Model Regresi Poisson dan Model GWPR	57
4.4.4 Pengujian Parameter Model GWPR Secara Serentak.....	59
4.4.5 Pengujian Parameter Model GWPR Secara Parsial.....	60
4.4.6 Pemilihan Model Terbaik Regresi Poisson dan Model GWPR	61
BAB V STUDI KASUS	63
5.1 Analisis Statistika Deskriptif	63
5.2 Pendeteksian Multikolinearitas	65
5.3 Analisis Model Regresi Poisson	66
5.3.1 Model Regresi Poisson	66
5.3.2 Estimasi Parameter Model Regresi Poisson	66
5.3.3 Pengujian Parameter Model Regresi Poisson Secara Serentak	67
5.3.4 Pengujian Parameter Model Regresi Poisson Secara Parsial.....	68
5.4 Pengujian Heterogenitas Spasial	70
5.5 Analisis Model GWPR	71
5.5.1 Model GWPR dengan Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	71
5.5.2 Penentuan Bandwidth Optimum Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	72
5.5.3 Matriks Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	73
5.5.4 Estimasi Parameter Model GWPR <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	75
5.5.5 Kesesuaian Model Regresi Poisson dan Model GWPR	77

5.5.6 Pengujian Parameter Model GWPR Secara Serentak.....	78
5.5.7 Pengujian Parameter Model GWPR Secara Parsial.....	79
5.5.8 Faktor Signifikansi Model GWPR (<i>Adaptive Gaussian Kernel</i>).....	85
5.5.9 Interpretasi Model TBC GWPR (<i>Adaptive Gaussian Kernel</i>).....	88
5.6 Pemilihan Kriteria Model Terbaik.....	90
BAB VI PENUTUP	91
6.1 Kesimpulan.....	91
6.2 Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA.....	95
LAMPIRAN.....	98
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	115



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Tinjauan Pustaka.....	8
Tabel 2. 1 ANOVA Regresi Linier.....	32
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian.....	40
Tabel 5. 1 Statistika Deskriptif Data Setiap Variabel	63
Tabel 5. 2 Nilai VIF Setiap Variabel Prediktor.....	66
Tabel 5. 3 Penaksiran Parameter Model Regresi Poisson	66
Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Signifikansi Parameter Secara Serentak.....	68
Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Signifikansi Parameter Secara Parsial.....	69
Tabel 5. 6 Nilai Statistik Uji Heterogenitas Spasial	70
Tabel 5. 7 Perbandingan Nilai CV Pembobot Kernel Adaptive	71
Tabel 5. 8 Nilai <i>Bandwidth</i> pada Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	72
Tabel 5. 9 Jarak Euclidean dan Matriks Pembobot Adaptive Gaussian Kernel ...	74
Tabel 5. 10 Ringkasan Hasil Estimasi Parameter Model GWPR.....	75
Tabel 5. 11 Estimasi Parameter Model GWPR.....	76
Tabel 5. 12 Uji Kesesuaian Model Regresi Poisson dan Model GWPR	78
Tabel 5. 13 Hasil Uji Parameter Model GWPR Serentak.....	79
Tabel 5. 14 Hasil Pengujian Parameter Model GWPR Parsial.....	80
Tabel 5. 15 Pengelompokan Variabel yang Signifikan dengan Model GWPR (Adaptive Gaussian Kernel)	87
Tabel 5. 16 Model GWPR pada Pembobot Adaptive Gaussian Kernel di 27 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2022.....	88
Tabel 5. 17 Kriteria Kebaikan Model Regresi Poisson dan GWPR.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Analisis Data	43
Gambar 5. 1 Jumlah Sarana Kesehatan di Provinsi Jawa Barat tahun 2022	63
Gambar 5. 2 Persentase Penduduk Miskin di Provinsi Jawa Barat tahun 2022	64
Gambar 5. 3 Persentase Rumah Tangga PHBS di Provinsi Jawa Barat tahun 2022	64
Gambar 5. 4 Kepadatan Penduduk di Provinsi Jawa Barat tahun 2022	65
Gambar 5. 5 Peta Persebaran Variabel yang Signifikan Model GWPR dengan Pembobot Adaptive Gaussian Kernel	86



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Variabel Penelitian	98
Lampiran 2 Garis Bujur Timur dan Lintang Selatan di Provinsi Jawa Barat	99
Lampiran 3 Statistika Deskriptif R Studio	100
Lampiran 4 Uji Multikolinearitas R Studio.....	100
Lampiran 5 Model Regresi Poisson	100
Lampiran 6 Uji Heterogenitas Spasial	101
Lampiran 7 Output Adaptive Bandwidth	101
Lampiran 8 Bandwidth Optimum Fungsi Pembobot Adaptive Gaussian Kernel.....	102
Lampiran 9 Jarak Euclidean pada Setiap Lokasi Pengamatan	102
Lampiran 10 Matriks Pembobot Adaptive Gaussian Kernel.....	106
Lampiran 11 Estimasi Parameter Model GWPR.....	108
Lampiran 12 Uji Kesesuaian Model Regresi Poisson dan GWPR.....	111
Lampiran 13 Pengujian Model GWPR	111



DAFTAR SIMBOL

<u>Simbol</u>	<u>Arti</u>
Y	: variabel respons
y_i	: variabel respons pada pengamatan ke- i
x_k	: variabel prediktor ke- k , $k = 1, 2, 3, \dots, p$
x_{ik}	: variabel prediktor ke- k pada pengamatan ke- i , $i = 1, 2, 3, \dots, n$
$\bar{x}_k$	: rata-rata variabel prediktor ke- k
$g(\cdot)$	: fungsi yang menghubungkan komponen random dengan komponen sistematis GLM
e	: bilangan natural pada fungsi kepadatan peluang distribusi poisson
σ^2	: variansi dari variabel respons
θ	: parameter natural
η	: vektor komponen <i>Generalized Linear Model</i>
μ	: mean dari variabel respons
$\mathbf{x}_i$	: vektor data pengamatan ke- i dari variabel prediktor
$\boldsymbol{\beta}$	: vektor parameter regresi poisson berukuran $(p+1)$
$E(Y)$	: ekspektasi dari variabel acak Y
$Var(Y)$	: variansi dari variabel acak Y
$f_y(y; \theta; \phi)$	: fungsi densitas keluarga eksponensial
$\mathbf{X}$	: matriks variabel prediktor berukuran $n(p+1)$
$f(y, \mu)$	: fungsi densitas distribusi poisson
$\hat{\boldsymbol{\beta}}$	: vektor penaksir parameter model regresi poisson berukuran $(p+1)$
$L(\boldsymbol{\beta})$	: fungsi <i>likelihood</i> parameter model regresi poisson
$\ln L(\boldsymbol{\beta})$	: fungsi <i>log-likelihood</i> parameter model regresi poisson
$\mathbf{g}(\boldsymbol{\beta})$	: vektor gradien pada penaksiran parameter regresi poisson $(p+1)$
$\mathbf{H}(\boldsymbol{\beta})$	: matriks <i>Hessian</i> penaksiran parameter regresi poisson $(p + 1) \times (p + 1)$

<u>Simbol</u>	<u>Arti</u>
$I(\hat{\beta})$	: matriks informasi <i>fisher</i> pada penaksiran parameter regresi poisson berukuran $(p + 1) \times (p + 1)$
$\hat{\beta}^{(m)}$	: penaksiran parameter model regresi poisson iterasi <i>newton-raphson</i> ke- t
$\hat{\beta}^{(0)}$	: vektor nilai awal penaksir parameter ML model regresi poisson pada iterasi <i>newton- raphson</i>
ε	: bilangan non-negatif yang cukup kecil untuk menentukan kondisi konvergen pada iterasi <i>newton- raphson</i>
V	: matriks diagonal berukuran $(n \times n)$ dengan elemen ke- i
Ω	: himpunan parameter di bawah populasi regresi poisson
$\hat{\Omega}$	: himpunan parameter di bawah populasi regresi poisson yang memaksimumkan fungsi <i>log-likelihood</i>
ω	: himpunan parameter di bawah H_0 pada model regresi poisson
$\hat{\omega}$	: himpunan parameter di bawah H_0 pada model regresi poisson yang memaksimumkan fungsi <i>log-likelihood</i>
G	: statistik uji signifikan parameter model regresi poisson secara serentak
$se(\hat{\beta}_k)$	: <i>standar error</i> penaksir parameter ke- k pada model regresi poisson
W	: statistik uji signifikansi parameter model regresi poisson parsial
α	: taraf signifikansi
$Z_{\alpha/2}$	: nilai kritis tabel distribusi normal baku (Z)
$Var(\hat{\beta})$	: variansi penaksir β_k
VIF_k	: nilai <i>varian inflation factor</i> pada variabel prediktor ke- i
R_k^2	: koefisien determinasi model poisson variabel prediktor ke- k dengan variabel prediktor lainnya
u_i	: letak garis lintang (<i>latitude</i>) pada lokasi ke- i
v_i	: letak garis bujur (<i>longitude</i>) pada lokasi ke- i
b	: <i>bandwidth</i> yang bernilai konstan untuk setiap lokasi pengamatan

<u>Simbol</u>	<u>Arti</u>
b_i	: <i>bandwidth adaptive</i> penaksir model GWR pada lokasi ke- i
w_{ij}	: pembobot spasial yang diberikan pengamatan pada lokasi ke- j untuk model GWR lokasi ke- i
$\beta(u_i, v_i)$	: vektor parameter model regresi GWPR lokasi ke- i ($p+1$)
$L(\beta(u_i, v_i))$	: fungsi <i>likelihood</i> penaksiran parameter model GWPR lokasi i
$\hat{\beta}^{(m)}(u_i, v_i)$	: vektor penaksiran parameter model regresi GWPR lokasi ke- i
$\mathbf{g}(\beta(u_i, v_i))$	: vektor gradien penaksiran parameter model GWPR lokasi ke- i berdimensi ($p+1$)
$\mathbf{W}(u_i, v_i)$	: matriks diagonal penaksiran parameter model GWPR lokasi ke- i
$\mathbf{V}(u_i, v_i)$	: matriks diagonal berukuran $(n \times n)$ pada penaksiran parameter model GWPR dengan elemen ke- i ,
ω_{GWPR}	: himpunan parameter di bawah H_0 pada model GWPR yang memaksimumkan fungsi <i>log-likelihood</i>
F_2	: statistik uji kesesuaian model regresi poisson dan GWPR
G_2	: statistik uji parameter model GWPR secara serentak
Z_k	: statistik uji parameter model GWPR secara parsial

INTISARI

PEMODELAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED POISSON REGRESSION* (GWPR) PADA FUNGSI PEMBOBOT *ADAPTIVE GAUSSIAN KERNEL*

(Studi kasus : Faktor-Faktor yang Memengaruhi Penyakit Tuberkulosis menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2022)

Oleh

WIDA SILVIA FIKRIYANA

NIM. 19106010014

Model *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) merupakan pengembangan model regresi poisson yang diaplikasikan pada data spasial. Model ini digunakan untuk memprediksi data dengan variabel respons poisson yang dipengaruhi oleh faktor spasial. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu faktor-faktor yang memengaruhi Penyakit Tuberkulosis menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2022. Penelitian ini akan membahas tentang penggunaan model GWPR pada fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel*, dan hasilnya akan dibandingkan dengan model regresi poisson. Penaksiran parameter GWPR menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE), dan pemilihan *bandwidth* optimum menggunakan kriteria *Cross Validation* (CV). Hasil penelitian model GWPR dengan pembobot *adaptive gaussian kernel* lebih baik daripada model regresi poisson karena memiliki nilai AIC, BIC, dan *adjusted R²* paling optimum. Berdasarkan pengujian parameter model GWPR, dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jumlah kasus tuberkulosis bervariasi dan berbeda-beda di 27 lokasi pengamatan meliputi penduduk miskin, rumah tangga ber-PHBS, dan kepadatan penduduk.

Kata Kunci : *adaptive gaussian kernel*, CV, GWPR, MLE, Tuberkulosis

ABSTRACT

GEOGRAPHICALLY WEIGHTED POISSON REGRESSION MODEL ON ADAPTIVE GAUSSIAN KERNEL WEIGHTED FUNCTIONS

(Case Study : Factors Influencing Tuberculosis in each Regency/City of West Java
Province in 2022)

By

WIDA SILVIA FIKRIYANA

NIM. 19106010014

The Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR) model is a development of the poisson regression model applied to spatial data. This model is used to predict data with poisson response variables which are influenced by spatial factors. The data used in this research are factors that influence Tuberculosis according to Districts/Cities in West Java Province in 2022. This research will discuss the use of the GWPR model in the adaptive gaussian kernel weighting function, and the results will be compared with the poisson regression model. Estimation of GWPR parameters uses the Maximum Likelihood Estimation (MLE) method, and selection of optimum bandwidth uses Cross Validation (CV) criteria. The results of the GWPR model with adaptive gaussian kernel weighting are better than the Poisson regression model because it has the most optimal AIC, BIC and adjusted R^2 values. Based on testing the parameters of the GWPR model, it can be concluded that the factors that influence the number of tuberculosis cases are varied and different in the 27 observation locations, including poor residents, households with PHBS, and population density.

Keywords : *adaptive gaussian kernel*, CV, GWPR, MLE, Tuberculosis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Statistika merupakan salah satu cabang dari ilmu matematika terapan yang banyak dipelajari para ilmuwan hampir semua bidang ilmu pengetahuan. Dalam arti sederhana statistika adalah data, sedangkan dalam arti yang lebih luas statistika adalah suatu disiplin ilmu yang mempelajari sekumpulan konsep dan metode pengumpulan, penyajian, analisis, dan interpretasi data, sampai pada pengambilan keputusan (Qudratullah dkk., 2013). Dalam penggunaannya statistika dibagi menjadi dua jenis yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensia. Statistika deskriptif adalah proses pengolahan data dengan metode pengumpulan, pengolahan, penyajian, dan analisis data tanpa membuat atau menarik kesimpulan, sedangkan statistika inferensia adalah proses pengolahan data dengan metode pengumpulan, penyajian, interpretasi, dan penarikan kesimpulan dengan memberikan keputusan berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan.

Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan, ruang lingkup statistika yang awalnya berfokus pada bidang pemerintahan telah berkembang dalam berbagai bidang seperti perekonomian, geografis, pendidikan, dan lainnya. Perkembangan statistika di berbagai bidang kehidupan tentunya berkaitan erat dengan proses analisis yang dilakukan. Sebagai contoh, proses analisis yang melibatkan beberapa variabel penelitian dapat dikerjakan menggunakan analisis regresi dengan tata cara pengerjaan mengikuti prosedur statistika inferensia. Analisis regresi ini digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel, pemodelan, serta pendugaan (*forecasting*) (Wahyuning, 2021).

Model regresi dalam ilmu statistika terbagi menjadi dua macam, yaitu regresi linier sederhana dan regresi linier berganda. Regresi linier sederhana merupakan analisis yang melibatkan hubungan dari variabel respon (Y) dengan satu variabel prediktor (X). Regresi linier berganda merupakan analisis yang melibatkan hubungan dari variabel respon (Y) dengan dua atau lebih variabel prediktor (X). Model regresi mempunyai variabel respon yang bersifat kontinu atau diskret.

Variabel kontinu adalah variabel yang datanya dapat dioperasikan secara matematika sedangkan variabel diskrit adalah variabel yang berupa data pengelompokan atau data kategori. Salah satu analisis yang menggunakan data diskrit adalah analisis regresi poisson (Sembiring, 1995).

Regresi poisson adalah bagian dari analisis regresi yang digunakan untuk memodelkan antara variabel respon dan variabel prediktor dengan mengasumsikan variabel respon (Y) berdistribusi poisson. Regresi poisson digunakan untuk menganalisis variabel respon yang bersifat diskrit dan integer tidak negatif dan biasanya digunakan pada penelitian dengan kasus kejadiannya jarang terjadi dalam ruang sampel yang besar. Persamaan model regresi poisson dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\mu_i = \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta})$$

Persamaan diatas menunjukkan $\boldsymbol{\beta}$ merupakan vektor parameter koefisien $[\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k]$, dan $\mathbf{x}_i^T$ merupakan vektor variabel bebas $[1, x_1, x_2, \dots, x_k]^T$ (McCullagh & Nelder, 1989).

Dalam penggunaannya, model regresi poisson digunakan pada data yang tidak terkait dengan aspek wilayah atau lokasi, karena model tersebut tidak memperhitungkan wilayah atau lokasi yang selanjutnya disebut efek spasial (*spatial effect*). Data spasial yaitu data yang berkaitan dengan titik koordinat letak geografis suatu wilayah di bumi. Hasil pengukuran di suatu lokasi pengamatan akan terkait dengan hasil pengukuran di lokasi yang lain. Apabila hasil pengamatan antara satu lokasi dengan lokasi yang lain berbeda, hal ini akan menyebabkan terjadinya keragaman spasial atau heterogenitas spasial (Karima, 2018).

Metode untuk mengatasi permasalahan heterogenitas spasial adalah dengan menggunakan model *Geographically Weighted Regression* (GWR). Model GWR adalah metode statistika yang digunakan untuk mengatasi aspek heterogenitas spasial yaitu kondisi ketika variabel prediktor yang sama memberikan respons yang tidak sama pada lokasi yang berbeda dalam suatu wilayah penelitian. Model GWR menggunakan pendekatan titik, setiap nilai parameter dihitung pada setiap titik

wilayah geografis, sehingga setiap wilayah geografis mempunyai nilai parameter yang berbeda. Model GWR menggunakan unsur matriks pembobot yang besarnya tergantung pada jarak antar lokasi, semakin dekat suatu lokasi maka bobot pengaruhnya akan semakin besar (Fotheringham dkk., 2002).

Penaksiran parameter model GWR membutuhkan matriks pembobot, oleh sebab itu dibutuhkan fungsi pembobot. Fungsi pembobot yang digunakan untuk estimasi parameter pada model GWR dikelompokkan menjadi beberapa macam, salah satunya adalah fungsi *kernel*. Fungsi kernel memberikan pembobot sesuai *bandwidth* optimum yang nilainya tergantung pada kondisi data. Terdapat dua metode yang digunakan dalam pembobot, yaitu fungsi kernel tetap (*fixed kernel*) yang menghasilkan *bandwidth* optimum dengan nilai yang sama dan konstan pada setiap pengamatan, dan fungsi kernel *adaptive* (*adaptive kernel*) yang menghasilkan *bandwidth* optimum dengan nilai yang berbeda pada setiap pengamatan (Fotheringham dkk., 2002 dalam Solekhah, 2021).

Model GWR telah berkembang berdasarkan sebaran peubah responnya menjadi *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR). Model GWPR menggunakan metode non parametrik yaitu suatu pengembangan dari model regresi poisson dengan mempertimbangkan faktor lokasi, dimana lokasi diperhatikan dan diasumsikan bahwa data variabel respons berdistribusi poisson yang digunakan untuk menganalisis data spasial. Secara umum model GWPR dalam suatu wilayah ke- i adalah sebagai berikut:

$$\mu_i = \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))$$

Persamaan diatas menunjukkan (u_i, v_i) merupakan koordinat letak geografis (*longitude, latitude*) dari pengamatan ke- i , $\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)$ merupakan vektor parameter untuk setiap lokasi (u_i, v_i) pada koefisien $[\beta_0(u_i, v_i), \beta_1(u_i, v_i), \dots, \beta_k(u_i, v_i)]$, dan $\mathbf{x}_i^T$ merupakan vektor variabel bebas $[1, x_1, x_2, \dots, x_k]^T$ pada lokasi (u_i, v_i) .

Penaksiran parameter model GWPR dilakukan pada setiap lokasi pengamatan dengan menggunakan pembobot spasial yang ditentukan menggunakan fungsi pembobot. Fungsi pembobot adalah fungsi jarak antara lokasi pengamatan dan bergantung pada *bandwidth* penghalus. Nilai *bandwidth* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *bandwidth adaptive* karena memudahkan penentuan *bandwidth* optimum yang menghasilkan ukuran kebaikan model yang minimum. Fungsi pembobot yang dipilih adalah *adaptive gaussian kernel*. Fungsi ini dipilih karena pembobot yang digunakan pada model sesuai dengan kondisi titik pengamatan dan menghasilkan *bandwidth* yang konstan atau berbeda-beda pada setiap lokasi pengamatan (Lestari dkk., 2020).

Model GWPR pada penelitian ini akan diaplikasikan pada data jumlah kasus tuberkulosis menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2022. Menurut Departemen Kesehatan RI (2022) tuberkulosis (TBC) merupakan pembunuh menular peringkat 2 setelah COVID-19. TBC merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh kuman *Mycobacteria Tuberculosis tipe Humanus*. Gejala pada penyakit ini berupa sesak nafas, batuk berdarah, dan dada terasa nyeri. Penyakit ini termasuk penyakit langka dan memiliki peluang yang kecil sehingga diduga berdistribusi poisson. Berdasarkan data dari *World Health Organization* (2022), Indonesia menduduki peringkat kedua setelah India yang mempunyai jumlah kasus TBC terbanyak. Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu provinsi dengan kasus TBC tertinggi di Indonesia.

Karakteristik wilayah di Provinsi Jawa Barat berbeda-beda tergantung pada berbagai faktor seperti pengaruh lingkungan, kependudukan, kesehatan, dan pola hidup masyarakat. Perbedaan karakteristik ini menyebabkan faktor yang berpengaruh terhadap penyakit TBC berbeda-beda sehingga diduga bahwa kasus TBC di provinsi Jawa Barat merupakan suatu fenomena keheterogenitas spasial. Penelitian ini akan membahas tentang apa saja faktor yang memengaruhi jumlah kasus tuberkulosis (TBC) menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2022 menggunakan model *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) dengan menggunakan fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel*.

Data yang digunakan adalah data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistika Provinsi Jawa Barat pada tahun 2022 dan profil kesehatan Provinsi Jawa Barat tahun 2022. Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah TBC yang dijadikan variabel prediktor dalam penelitian ini diantaranya, jumlah sarana kesehatan, persentase penduduk miskin, persentase rumah tangga PHBS, dan kepadatan penduduk.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, dapat diperoleh rumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana langkah-langkah memodelkan GWPR dengan fungsi pembobot *Adaptive Gaussian Kernel* ?
2. Bagaimana model GWPR pada jumlah kasus TBC pada setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2022?
3. Bagaimana interpretasi model GWPR berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jumlah kasus TBC di Provinsi Jawa Barat tahun 2022?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian sangat diperlukan agar ruang lingkup dalam penelitian ini tidak keluar dari permasalahan. Oleh karena itu penulis memberikan batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Fungsi pembobot yang digunakan adalah *adaptive gaussian kernel*.
2. Penaksiran parameter menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE).
3. Kriteria penentuan *bandwidth optimum* menggunakan *Cross Validation* (CV).
4. Pemilihan model terbaik menggunakan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC), *Bayesian Information Criterion* (BIC), dan *Adjusted R²*.
5. Penelitian ini difokuskan pada data jumlah kasus TBC di Provinsi Jawa Barat dengan beberapa peubah prediktor meliputi, jumlah sarana kesehatan,

persentase penduduk miskin, persentase rumah tangga tidak berperilaku hidup bersih dan sehat, dan kepadatan penduduk.

6. Aplikasi pengolahan data yang digunakan adalah R Studio 4.3.2, dan ArcGis 10.8.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan batasan masalah yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mempelajari langkah-langkah pemodelan GWPR dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel* .
2. Untuk mengetahui model GWPR pada jumlah kasus TBC pada setiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2022.
3. Untuk mengetahui interpretasi model GWPR berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jumlah kasus TBC di Provinsi Jawa Barat tahun 2022.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Bagi penulis, penelitian ini dapat menambah wawasan, dan keterampilan mengenai penerapan ilmu statistika dalam memodelkan *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) dengan pembobot *adaptive gaussian kernel*.
2. Bagi pembaca, penelitian ini dapat dijadikan sumber informasi mengenai variabel apa saja yang berpengaruh terhadap jumlah kasus TBC di Provinsi Jawa Barat tahun 2022, sehingga dapat dijadikan pertimbangan pemerintah dalam menentukan kebijakan di masa depan.
3. Bagi instansi, penelitian ini dapat dijadikan sumber dalam pengembangan keilmuan, terutama kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta Program Studi Matematika.

1.6 Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka pada penelitian ini diperoleh dari berbagai referensi seperti buku, jurnal, skripsi, maupun sumber lainnya yang relevan dengan penelitian yang dilakukan saat ini. Adapun penelitian-penelitian terdahulu yang digunakan adalah :

Penelitian Fatma Wati (2020) yang berjudul *Model Geographically Weighted Poisson Regression* dengan Fungsi Pembobot *Adaptive Bisquare*. Studi kasus yang digunakan adalah jumlah kasus kusta menurut Kabupaten/Kota di Pulau Kalimantan tahun 2018. Pembobot yang digunakan yaitu *Adaptive Bisquare*. Kriteria *bandwidth* optimum menggunakan *Generalized Cross Validation* (GCV). Ukuran kebaikan model menggunakan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC). Hasil penelitian menunjukkan empat variabel berpengaruh secara lokal dan tiga variabel yang berpengaruh secara global pada data jumlah kasus kusta menurut Kabupaten/Kota di Pulau Kalimantan tahun 2018.

Penelitian Nabila Al Karima (2020) yang berjudul *Model Geographically Weighted Poisson Regression* dengan Fungsi Pembobot *Adaptive Gaussian*. Studi kasus yang digunakan adalah jumlah kasus tuberkulosis menurut Provinsi di Indonesia tahun 2018. Pembobot yang digunakan yaitu *Adaptive Gaussian*. Kriteria *bandwidth* optimum menggunakan *Cross Validation* (CV). Ukuran kebaikan model menggunakan nilai koefisien determinasi (R^2). Hasil penelitian menunjukkan empat variabel berpengaruh secara lokal dan tiga variabel yang berpengaruh secara global pada data jumlah kasus tuberkulosis di Indonesia tahun 2018.

Penelitian Ineu Sintia, dkk. (2022) yang berjudul *Model Geographically Weighted Poisson Regression* dengan Fungsi Pembobot *Adaptive Bisquare*. Studi kasus yang digunakan adalah data jumlah kasus kusta menurut Provinsi di Indonesia tahun 2020. Pembobot yang digunakan yaitu *Adaptive Bisquare*. Kriteria *bandwidth* optimum menggunakan *Generalized Cross Validation* (GCV). Ukuran kebaikan model menggunakan nilai *Bayesian Information Criterion* (BIC). Hasil penelitian menunjukkan tujuh variabel berpengaruh secara lokal dan enam variabel

yang berpengaruh secara global pada data jumlah kasus kusta menurut Provinsi di Indonesia tahun 2020.

Berikut adalah tabel perbandingan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian-penelitian sebelumnya.

Tabel 1. 1 Tinjauan Pustaka

No.	Peneliti	Model	Pembobot	Metode	Kebaikan Model	Studi Kasus
1	Fatma Wati (2020)	GWPR	<i>Adaptive Bisquare</i>	MLE, <i>Bandwidth</i> optimum GCV	AIC	Jumlah kasus kusta di Pulau Kalimantan
2	Nabila Al-Karima (2020)	GWPR	<i>Adaptive Gaussian</i>	MLE, <i>Bandwidth</i> optimum CV	<i>Adjusted</i> R^2	Jumlah kasus tuberkulosis di Indonesia
3	Ineu Sintia, dkk. (2022)	GWPR	<i>Adaptive Bisquare</i>	MLE, <i>Bandwidth</i> optimum GCV	BIC	Jumlah kasus kusta di Indonesia
4	Wida Silvia Fikriyana (2024)	GWPR	<i>Adaptive Gaussian</i>	MLE, <i>Bandwidth</i> optimum CV	AIC, BIC, dan <i>Adjusted</i> R^2	Jumlah kasus Tuberkulosis pada setiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat

Berdasarkan tabel penelitian diperoleh persamaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dikaji penulis saat ini meliputi persamaan metode yang digunakan yaitu *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) menggunakan penaksiran parameter model MLE, sedangkan perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu, ukuran kebaikan model yang

digunakan penulis yaitu AIC, BIC, dan *Adjusted R²*, pemilihan pembobot, serta studi kasus.

1.7 Sistematika Penulisan

Berikut ini adalah sistematika penulisan yang berisi gambaran mengenai pembahasan setiap bab dalam penelitian ini :

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Landasan teori berisi uraian mengenai teori-teori yang akan digunakan dalam pembahasan penulisan penelitian ini. Bagian ini berisi tentang probabilitas, variabel random, distribusi poisson, keluarga eksponensial, matriks, estimasi *maximum likelihood estimation*, analisis regresi, metode *newton-Raphson*, *generalized linear model*, pendeteksi multikolinearitas, dan tuberkulosis.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian berisi uraian mengenai metode penelitian yang meliputi data dan jenis penelitian, metode pengumpulan data, variabel penelitian, metode analisis data, dan bentuk *flowchart* penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN

Pembahasan berisi uraian mengenai analisis regresi poisson, data spasial, pembobotan spasial model *Geographically Weighted Regression* (GWR), dan analisis *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) pada fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel*.

BAB V STUDI KASUS

Studi kasus membahas mengenai hasil penelitian yang mampu menjelaskan deskripsi kasus TBC di Provinsi Jawa Barat tahun 2022, pendeteksi multikolinearitas, analisis pemodelan kasus TBC dengan regresi poisson,

heterogenitas spasial, analisis pemodelan GWPR dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian*, dan pemilihan kriteria model terbaik.

BAB VI PENUTUP

Penutup berisi kesimpulan yang menjawab rumusan masalah di atas dan juga saran atas hasil penelitian yang telah dilakukan.



BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dikerjakan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Langkah-langkah pemodelan GWPR dengan fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel* diantaranya sebagai berikut :
 - a. Melakukan pendeskripsian data agar informasi yang disajikan menjadi lebih mudah dipahami, data penelitian berupa statistika deskriptif diagram batang pada data variabel prediktor menggunakan *software* R Studio 4.3.2.
 - b. Mendeteksi multikolinearitas antar variabel prediktor menggunakan nilai VIF. Pendeteksi multikolinearitas digunakan untuk mengetahui apakah ada hubungan linier antara variabel prediktor dalam suatu model regresi. Apabila tidak terjadi multikolinearitas maka variabel prediktor yang memengaruhi jumlah kasus TBC dapat digunakan untuk pembentukan model regresi poisson.
 - c. Menganalisis model regresi poisson.
 - d. Mendeteksi heterogenitas spasial menggunakan statistik uji *Breusch-Pagan*.
 - e. Menganalisis model GWPR dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 1. Menentukan letak geografis berdasarkan garis lintang selatan dan garis bujur timur (u_i, v_i) .
 2. Mencari nilai pembobot optimum berdasarkan *bandwidth* optimum yang diperoleh dengan kriteria *Cross Validation* (CV) minimum yang dihasilkan oleh masing-masing pembobot.
 3. Menghitung matriks pembobot dari fungsi pembobot *adaptive gaussian kernel*. Dalam perhitungan matriks pembobot diperlukan *bandwidth* optimum dan jarak *euclidean* (d_{ij}) antar lokasi (u_i, v_i) dengan semua lokasi pengamatan.

4. Penaksiran parameter model GWPR pada pembobot *adaptive gaussian kernel*.
 5. Pengujian kesesuaian model regresi poisson dan model GWPR, dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara model regresi poisson dan GWPR.
 6. Menguji signifikansi model GWPR secara serentak.
 7. Menguji signifikansi model GWPR secara parsial.
 8. Mengelompokkan Kabupaten/Kota yang memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon.
 9. Interpretasi model GWPR dengan pembobot *adaptive gaussian kernel* yang menghasilkan model yang berbeda-beda berdasarkan parameter dan variabel yang berpengaruh pada setiap lokasi pengamatan.
 10. Menghitung ukuran kebaikan model regresi poisson dan GWPR berdasarkan kriteria AIC, BIC, dan *Adjusted R²* yang paling optimal.
2. Model GWPR dengan pembobot *adaptive gaussian kernel* pada jumlah kasus TBC untuk setiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2022 adalah :

Kab. Bogor	$\hat{\mu}(u_1, v_1) = \exp(18,06 - 2,271X_3 + 1,949X_4)$
Kab. Sukabumi	$\hat{\mu}(u_2, v_2) = \exp(18,921 - 2,303X_3 + 2,051X_4)$
Kab. Cianjur	$\hat{\mu}(u_3, v_3) = \exp(18,931 - 2,358X_3 + 1,992X_4)$
Kab. Bandung	$\hat{\mu}(u_4, v_4) = \exp(19,286 - 2,344X_3 + 2,456X_4)$
Kab. Garut	$\hat{\mu}(u_5, v_5) = \exp(18,648 - 1,937X_3 + 3,379X_4)$
Tasikmalaya	$\hat{\mu}(u_6, v_6) = \exp(18,274 + 1,718X_2 - 1,798X_3 + 3,550X_4)$
Ciamis	$\hat{\mu}(u_7, v_7) = \exp(18,268 + 1,718X_2 - 1,786X_3 + 3,539X_4)$
Kab. Kuningan	$\hat{\mu}(u_8, v_8) = \exp(18,462 - 1,784X_3 + 3,419X_4)$
Kab. Cirebon	$\hat{\mu}(u_9, v_9) = \exp(18,627 - 1,795X_3 + 3,311X_4)$
Kab. Majalengka	$\hat{\mu}(u_{10}, v_{10}) = \exp(18,790 + 1,916X_2 + 3,244X_4)$
Kab. Sumedang	$\hat{\mu}(u_{11}, v_{11}) = \exp(19,166 - 2,058X_3 + 2,916X_4)$

Kab. Indramayu	$\hat{\mu}(u_{12}, v_{12}) = \exp(19,185 + 2,857 X_4)$
Kab. Subang	$\hat{\mu}(u_{13}, v_{13}) = \exp(19,159 - 2,416 X_3 + 2,060 X_4)$
Kab. Purwakarta	$\hat{\mu}(u_{14}, v_{14}) = \exp(18,960 - 2,442 X_3 + 1,862 X_4)$
Kab. Karawang	$\hat{\mu}(u_{15}, v_{15}) = \exp(18,835 - 2,388 X_3 + 1,782 X_4)$
Kab. Bekasi	$\hat{\mu}(u_{16}, v_{16}) = \exp(18,857 - 2,354 X_3 + 1,847 X_4)$
Kab. Bandung Barat	$\hat{\mu}(u_{17}, v_{17}) = \exp(19,132 - 2,451 X_3 + 2,123 X_4)$
Kab. Pangandaran	$\hat{\mu}(u_{18}, v_{18}) = \exp(18,122 - 1,767 X_3 + 3,590 X_4)$
Kota Bogor	$\hat{\mu}(u_{19}, v_{19}) = \exp(18,789 - 2,303 X_3 + 1,907 X_4)$
Kota Sukabumi	$\hat{\mu}(u_{20}, v_{20}) = \exp(18,926 - 2,297 X_3 + 2,072 X_4)$
Kota Bandung	$\hat{\mu}(u_{21}, v_{21}) = \exp(19,278 - 2,359 X_3 + 2,417 X_4)$
Kota Cirebon	$\hat{\mu}(u_{22}, v_{22}) = \exp(18,617 - 1,794 X_3 + 3,316 X_4)$
Kota Bekasi	$\hat{\mu}(u_{23}, v_{23}) = \exp(18,851 - 2,303 X_3 + 1,887 X_4)$
Kota Depok	$\hat{\mu}(u_{24}, v_{24}) = \exp(18,815 - 2,290 X_3 + 1,909 X_4)$
Kota Cimahi	$\hat{\mu}(u_{25}, v_{25}) = \exp(19,212 - 2,415 X_3 + 2,245 X_4)$
Kota Tasikmalaya	$\hat{\mu}(u_{26}, v_{26}) = \exp(18,263 + 1,812 X_2 - 1,797 X_3 + 3,555 X_4)$
Kota Banjar	$\hat{\mu}(u_{27}, v_{27}) = \exp(18,239 - 1,772 X_3 + 3,531 X_4)$

3. Berdasarkan hasil estimasi dan pengujian model GWPR dengan pembobot *adaptive gaussian kernel* menghasilkan 27 model yang terbagi menjadi empat kelompok berdasarkan faktor-faktor yang memengaruhi jumlah kasus TBC di Provinsi Jawa Barat tahun 2022 yaitu variabel penduduk miskin, rumah tangga PHBS, dan kepadatan penduduk. Persamaan model GWPR menghasilkan hubungan positif untuk penduduk miskin (X_2), dan kepadatan penduduk (X_4) terhadap jumlah kasus TBC yang berarti setiap penambahan satu satuan pada

variabel penduduk miskin dan kepadatan penduduk maka akan meningkatkan jumlah kasus TBC di provinsi Jawa Barat dan hubungan negatif untuk variabel rumah tangga ber PHBS (X_3) yang berarti setiap bertambahnya satu satuan pada variabel rumah tangga ber PHBS maka akan mengalami penurunan jumlah kasus TBC di Provinsi Jawa Barat. Fungsi yang paling tepat untuk memodelkan TBC di Provinsi Jawa Barat tahun 2022 yaitu model GWPR dengan pembobot *adaptive gaussian kernel* karena memiliki nilai AIC, BIC, dan *Adjusted R²* yang paling optimum.

6.2 Saran

Penggunaan metode GWPR mampu menerangkan hubungan spasial dalam memodelkan data TBC pada setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2022 dengan lebih baik apabila :

1. Ruang lingkup observasi yang digunakan dapat dipersempit menggunakan cakupan kecamatan atau kelurahan, agar penyelesaian masalah dapat dilakukan dari bagian pemerintah terendah (kecamatan) sampai tertinggi (provinsi);
2. Fungsi pembobot yang digunakan dapat divariasikan dengan pembobot lain seperti *bisquare kernel* dan *tricube kernel*;
3. Kriteria penentuan dalam *bandwidth* optimum untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan *Generalized Cross-Validation* (GCV);
4. Studi kasus yang digunakan menggunakan data yang mengandung multikolinearitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis*. New York. John Wiley & Sons.
- Anselin, L., Getis A. (1988). *Spatial Econometrics : Methods and Models*. Dordrecht. Kluwer Academic Publisher.
- Anton, H., & Rorres, C. (2005). *Elementary Linear Algebra, Ninth Edition*. Canada. John Wiley & Sons.
- Bain, L. J., & Engelhardt, M. (1992). *Introduction to Probability and Mathematical Statistic*. California. Duxbury Press.
- Badan Pusat Statistik [BPS]. (2022). *Jawa Barat Dalam Angka 2022*. Bandung. Badan Pusat Statistik Jawa Barat.
- Caraka, R. E., & Yasin, H. (2017). *Geographically Weighted Regression (GWR) Sebuah Pendekatan Regresi Geografis*. Yogyakarta. Mobius.
- Chasco, C., I. Garcia, & J. Vicens. (2007). *Modelling Spatial Variations in Household Disposable Income with GWR*. Municg Personal RePEc Arkhive (MPRA) Working Papper No 1682.
- Dinkes. (2023). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Barat Tahun 2022*. Bandung. Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat.
- Fotheringham, A. S., Brunsdon, C., & Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression : the analysis of spatially varying relationships*. Chichester. John Wiley & Sons Ltd.
- Greene, W. H. (2000). *Econometrics Analysis third Edition*. New Jersey. Prentice Hall.
- Gujarati, N. D. (2003). *Basic Econometrics*. New York. McGraw-Hill Companies, Inc.
- Hasan, M. I. (2002). *Pokok-Pokok Materi Statistik 1 (Statistika Deskriptif)*. Jakarta. PT. Bumi Aksara.
- Karima, N. A. (2018). *Model Geographically Weighted Poisson Regression dengan Fungsi Pembobot Adaptive Gaussian*. Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Kurniawati, S. C., Kuntoro. (2015). *Pemodelan Jumlah Kematian Bayi di Jawa Timur dengan Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR)*. GEOID, Vol. 10, No. 02, Hal 187-193.

- Kleinbaum, D. G., Kupper, L. L. & Muller, K. E. (1988). *Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods*. Boston. PWS-KENT Publishing Company.
- Lieztyanto, Y. G. (2012). *Estimasi Model Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR) dengan Pembobot Adaptive Gaussian Kernel dan Adaptive Bisquare Kernel*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Maghfiroh, F. N. (2015). *Pemodelan Kasus Pneumonia Balita di Kota Surabaya dengan Geographically Weighted Poisson Regression dan Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- McCullagh, P., & Nelder, J. A. (1989). *Generalized Linear Models*. London. Chapman and Hall.
- Mumayya, S. (2023). *Pemodelan GWR dan MGWR Dengan Fungsi Pembobot Gaussian Kernel*. UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Myers, R. H. (1990). *Classical and Modern Regression with Application, second edition*. Boston. PWS-KENT Publishing Company.
- Nakaya, T., Fotheringham, A. S., Brunsdon, C. & Charlton, M. (2005). *Geographically Weighted Poisson Regression for Disease Association Mapping*. *Statistics in Medicine*. 24(17). 2695-2717.
- Prasisty, D. F. (2011). *Model Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR) dengan Pembobot Fixed Gaussian Kernel dan Fixed Bisquare Kernel pada Data Spasial*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Qudratullah, M. F. (2013). *Analisis Regresi Terapan : Teori, Contoh Kasus, dan Aplikasi dengan SPSS*. Yogyakarta. ANDI.
- Qudratullah, M. F., Zuliana, S. U., & Supandi, E. D. (2012). *Statistika (Ed.1)*. Yogyakarta. Suka - Press UIN Sunan Kalijaga.
- Rencher, A. C., & Schaalje, G. B. (2008). *Linear Models in Statistics, Second Edition*. New Jersey. John Wiley & Sons.
- Sarwono, Sarlito Wirawan. 1992. *Psikologi Lingkungan*. PT Grasindo. Jakarta.
- Sembiring, R. K. (1995). *Analisis Regresi*. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- Solekhah, N. A. (2021). *Model Geographically Weighted Logistic Regression pada Fungsi Pembobot Adaptive Gaussian Kernel*. UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Supandi, E.D. (2021). *Statistika dan Terapannya*. Yogyakarta. PT Refika Aditama.

- Trivedi, P. K. (1998). *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Wahyuning, S. (2021). *Dasar-Dasar Statistik*. Semarang. Yayasan Prima Agus Teknik.
- Walpole, R. E., & Myers, R. H. (1995). *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Ilmuwan dan Insinyur, Edisi Keempat*. Bandung. ITB.
- Wati, F. (2020). *Pemodelan Geographically Weighted Regression dengan Fungsi Pembobot Adaptive Bisquare pada Kasus Kusta di Pulau Kalimantan tahun 2018*. Samarinda. Universitas Mulawarman.

