

SKRIPSI

**PEMODELAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION*
(GWR) DAN *MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED*
REGRESSION (MGWR) DENGAN FUNGSI PEMBOBOT
*GAUSSIAN KERNEL***

(Studi Kasus: Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Indeks Pembangunan Manusia
Pada Setiap Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat Tahun 2021)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SILVY MUMAYYA

19106010039

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

2023

**PEMODELAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION*
(GWR) DAN *MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED*
REGRESSION (MGWR) DENGAN FUNGSI PEMBOBOT
*GAUSSIAN KERNEL***

(Studi Kasus: Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Indeks Pembangunan Manusia
Pada Setiap Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat Tahun 2021)

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat
Sarjana Matematika



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SILVY MUMAYYA

19106010039

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

2023



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 Saudari:

Nama : Silvy Mumayya
NIM : 19106010039
Judul Skripsi : *Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) dan Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) dengan Fungsi Pembobot 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 berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 12 Mei 2023

Pembimbing I


Mohammad Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si.
NIP. 19790922 200801 1 011

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1385/Un.02/DST/PP.00.9/06/2023

Tugas Akhir dengan judul : PEMODELAN GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR) DAN MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (MGWR) DENGAN FUNGSI PEMBOBOT GAUSSIAN KERNEL (STUDI KASUS : FAKTOR -FAKTOR YANG MEMENGARUHI INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA PADA SETIAP KABUPATEN/KOTA PROVINSI JAWA BARAT TAHUN 2021)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SILVY MUMAYYA
Nomor Induk Mahasiswa : 19106010039
Telah diujikan pada : Jumat, 19 Mei 2023
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: 647eed5a1ea2c



Penguji I

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si.,
M.Si.
SIGNED

Valid ID: 647c402e4452e



Penguji II

Muhamad Zaki Riyanto, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 647e7f6969e82



Yogyakarta, 19 Mei 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 647fd3db0327a

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Silvy Mumayya

NIM : 19106010039

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, 12 Mei 2023



Silvy Mumayya

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada:

Kedua orang tua dan kakak tercinta, yang menjadi inspirasi dan motivator penulis
dalam menyelesaikan tugas akhir

Kepada Bapak/Ibu Dosen, Almamater tercinta, Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

“Jika Tuhan mengizinkan kita untuk mengalaminya, pasti kita dimampukan untuk melewatinya”

(Jerome Polin Sijabat)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulisan skripsi yang berjudul “Pemodelan *Geographically Weighted Regression* (GWR) dan *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) dengan Fungsi Pembobot *Gaussian Kernel* (Studi Kasus: Faktor-Faktor yang Memengaruhi Indeks Pembangunan Manusia pada Setiap Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat Tahun 2021)” dapat terselesaikan guna memenuhi syarat memperoleh derajat sarjana Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya motivasi, bantuan, bimbingan serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Phil Al Makin, MA., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.
3. Bapak Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Malahayati, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan pelayanan dan kelancaran akademik.
5. Bapak Mohammad Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penulis dengan sabar dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak Dr. M. Wakhid Musthofa, S. Si., M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Bapak M. Zaki Riyanto, S.Si., M.Sc., Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

7. Dosen-dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membagi ilmu yang sangat bermanfaat.
8. Bapak Abdul Malik dan Ibu Zumaroh, selaku orang tua yang senantiasa mendoakan terbaik dan memberikan kepercayaan kepada penulis, serta memberikan semangat moral maupun materiil.
9. Teman-teman KKN 108 Pandhalungan yang telah bekerjasama selama KKN tanpa ada halangan yang berarti.
10. Sahabat “Man jadda wajadda” yang telah memberikan banyak dukungan positif dan menjadi teman bermain selama masa perkuliahan.
11. Teman-teman Matematika angkatan 2019 yang telah berjuang dan berproses bersama, terimakasih untuk bantuan dan kerjasamanya selama menjalani masa studi.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dalam mengembangkan penelitian. Selain itu, penulis berharap semoga penulisan skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi penulis pribadi maupun pihak lain.

Yogyakarta, 12 Mei 2023

Penulis,
Silvy Mumayya

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
INTISARI	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Tinjauan Pustaka.....	7
1.7 Sistematika Penulisan	10
BAB II LANDASAN TEORI	12
2.1 Matriks.....	12
2.1.1 Operasi Matriks	13
2.1.1.1 Penjumlahan dan Pengurangan Matriks	13
2.1.1.2 Perkalian Matriks.....	14
2.1.2 Transpose Matriks	15
2.1.3 Invers Matriks	15

2.1.4	Trace Matriks	16
2.2	Analisis Regresi Linier Berganda	17
2.2.1	Tahapan Dalam Analisis Regresi Linier Berganda	19
2.2.2	Estimasi Parameter Model Regresi Linier Berganda	20
2.2.3	Sifat-sifat estimator <i>Ordinary Least Square</i> (OLS)	22
2.2.4	Pengujian Signifikansi Parameter Model	26
2.3	Uji Asumsi Klasik	28
2.3.1	Uji Normalitas	28
2.3.2	Uji Multikolinieritas	29
2.3.3	Uji Heteroskedastisitas	29
2.3.4	Uji Autokorelasi	30
2.4	Indeks Pembangunan Manusia	31
2.5	Jumlah Sekolah	32
2.6	Laju Pertumbuhan Penduduk	33
2.7	Jumlah Penduduk Miskin	33
2.8	Tingkat Pengangguran Terbuka	34
2.9	Produk Domestik Regional Bruto	34
BAB III METODE PENELITIAN		36
3.1	Data dan Jenis Penelitian	36
3.2	Pengumpulan Data	36
3.3	Variabel Penelitian	36
3.4	Analisis Data	37
3.5	Flowchart Penelitian	41
BAB IV PEMBAHASAN		42
4.1	<i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR)	42
4.2	Estimasi Parameter Model GWR	42
4.3	Koordinat Spasial	44
4.4	Pembobot Spasial	45
4.4.1	Pembobot <i>Fixed Kernel</i>	45
4.4.2	Pembobot <i>Adaptive Kernel</i>	46
4.5	Bandwidth Optimum	48

4.6	Uji Hipotesis Model GWR	49
4.6.1	Pengujian Kesesuaian Model	50
4.6.2	Pengujian Parsial Parameter Model	51
4.6.3	Uji Variabilitas Spasial.....	52
4.7	<i>Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)</i>	53
4.8	Estimasi Parameter Model MGWR.....	53
4.9	Uji Hipotesis Model MGWR.....	57
4.9.1	Uji Kesesuaian Model	58
4.9.2	Uji Simultan Model MGWR.....	58
4.9.3	Uji Parsial Model MGWR	60
4.10	Pemilihan Model Terbaik	61
BAB V	STUDI KASUS	63
5.1	Analisis Statistika Deskriptif	63
5.1.1	Indeks Pembangunan Manusia.....	63
5.1.2	Jumlah Sekolah	64
5.1.3	Persentase Laju Pertumbuhan Penduduk	64
5.1.4	Persentase Penduduk Miskin.....	65
5.1.5	Tingkat Pengangguran Terbuka	66
5.1.6	Persentase Pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto.....	66
5.2	Analisis Regresi Linier Berganda	67
5.2.1	Pengujian Signifikansi Model Regresi Linier Berganda.....	68
5.2.2	Pengujian Asumsi Klasik	70
5.3	Pemodelan <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i>	72
5.3.1	Pemilihan Bandwidth Optimum.....	73
5.3.2	Estimasi Parameter Model GWR	75
5.3.3	Pengujian Kesesuaian Model GWR.....	77
5.3.4	Pengujian Parsial Parameter Model GWR	77
5.3.5	Pengujian Variabilitas Spasial.....	84
5.4	Pemodelan <i>Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)</i>	85
5.4.1	Estimasi Parameter Model MGWR.....	85
5.4.2	Pengujian Kesesuaian Model MGWR	87

5.4.3 Pengujian Simultan Parameter Global Model MGWR.....	87
5.4.4 Pengujian Simultan Parameter Lokal Model MGWR.....	88
5.4.5 Pengujian Parsial Parameter Global Model MGWR.....	89
5.4.6 Pengujian Parsial Parameter Lokal Model MGWR	90
5.5 Pemilihan Model Terbaik	97
BAB VI PENUTUP	98
6.1 Kesimpulan.....	98
6.2 Saran	100
DAFTAR PUSTAKA	101
LAMPIRAN.....	104
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	130



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Tinjauan Pustaka	9
Tabel 2.1	Uji Serentek Regresi Linier Berganda.....	27
Tabel 2.2	Kriteria Keputusan Uji Durbin Watson.....	31
Tabel 3.1	Variabel Penelitian	37
Tabel 5.1	Karakteristik Data Setiap Variabel.....	63
Tabel 5.2	Uji Simultan	68
Tabel 5.3	Uji Parsial	69
Tabel 5.4	Nilai VIF	71
Tabel 5.5	Uji Glejser	72
Tabel 5.6	Perbandingan Fungsi Pembobot Kernel.....	73
Tabel 5.7	Nilai <i>Bandwidth</i> pada Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	74
Tabel 5.8	Ringkasan Parameter GWR dengan Pembobot <i>Fixed Gaussian</i>	75
Tabel 5.9	Ringkasan Parameter GWR dengan Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i>	76
Tabel 5.10	Uji Parsial Model GWR Kabupaten Bogor dengan Pembobot <i>Fixed Gaussian Kernel</i>	78
Tabel 5.11	Kelompok Variabel yang Signifikan Model GWR dengan Pembobot <i>Fixed Gaussian Kernel</i>	79
Tabel 5.12	Uji Parsial Model GWR Kabupaten Bogor dengan Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	81
Tabel 5.13	Kelompok Variabel yang Signifikan Model GWR dengan Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	82
Tabel 5.14	Uji Variabilitas Spasial dengan Pembobot <i>Fixed Gaussian</i>	84
Tabel 5.15	Uji Variabilitas Spasial dengan Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i>	85
Tabel 5.16	Uji Parsial Model MGWR Kabupaten Bogor dengan Pembobot <i>Fixed Gaussian Kernel</i>	91
Tabel 5.17	Kelompok Variabel yang Signifikan Model MGWR dengan Pembobot <i>Fixed Gaussian Kernel</i>	92
Tabel 5.18	Uji Parsial Model MGWR Kabupaten Bogor dengan Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	94
Tabel 5.19	Kelompok Variabel yang Signifikan Model MGWR dengan Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	95
Tabel 5.20	Nilai AIC dan R^2 Pembobot <i>Fixed Gaussian Kernel</i>	97
Tabel 5.21	Nilai AIC dan R^2 Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Pembobot <i>Fixed Kernel</i>	46
Gambar 4.2	Pembobot <i>Adaptive Kernel</i>	47
Gambar 4.3	<i>Bandhwidth</i>	48
Gambar 4.4	Kriteria <i>Bandwidth</i> Optimum	49
Gambar 5.1	Grafik Pola Persebaran IPM	63
Gambar 5.2	Grafik Pola Persebaran Jumlah Sekolah.....	64
Gambar 5.3	Grafik Pola Persebaran Persentase Laju Pertumbuhan Penduduk.....	65
Gambar 5.4	Grafik Pola Persebaran Persentase Penduduk Miskin	65
Gambar 5.5	Grafik Pola Persebaran TPT	66
Gambar 5.6	Grafik Pola Persebaran Persentase Pertumbuhan PDRB	67
Gambar 5.7	Peta Persebaran Variabel yang Signifikan Memengaruhi IPM model GWR dengan Pembobot <i>Fixed Gaussian Kernel</i>	80
Gambar 5.8	Peta Persebaran Variabel yang Signifikan Memengaruhi IPM model GWR dengan Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	83
Gambar 5.9	Peta Kelompok Variabel yang Signifikan Memengaruhi IPM Model MGWR dengan Pembobot <i>Fixed Gaussian Kernel</i>	93
Gambar 5.10	Peta Persebaran Variabel yang Signifikan Memengaruhi IPM Model MGWR dengan Pembobot <i>Adaptive Gaussian Kernel</i>	96

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Variabel Penelitian	104
Lampiran 2	Jarak <i>Euclidian</i> pada Setiap Lokasi Pengamatan	105
Lampiran 3	Matriks Pembobot <i>Fixed Gaussian</i>	106
Lampiran 4	Matriks Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i>	107
Lampiran 5	Koefisien parameter lokal β_{lui}, ν_i model GWR dengan Pembobot <i>Fixed Gaussian</i>	108
Lampiran 6	Koefisien parameter lokal β_{lui}, ν_i model GWR dengan Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i>	109
Lampiran 7	Koefisien parameter global β_g dan lokal β_{lui}, ν_i model MGWR dengan Pembobot <i>Fixed Gaussian</i>	110
Lampiran 8	Koefisien parameter global β_g dan lokal β_{lui}, ν_i model MGWR dengan Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i>	111
Lampiran 9	Nilai t Hitung Model GWR pada Pembobot <i>Fixed Gaussian</i>	112
Lampiran 10	Nilai t Hitung Model GWR pada Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i>	113
Lampiran 11	Nilai t Hitung Model MGWR pada Pembobot <i>Fixed Gaussian</i>	114
Lampiran 12	Nilai t Hitung Model MGWR pada Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i>	115
Lampiran 13	Statistika Deskriptif	116
Lampiran 14	Uji Asumsi Klasik.....	117
Lampiran 15	Uji Heteroskedastisitas	117
Lampiran 16	Perbandingan Fungsi Pembobot	118
Lampiran 17	Pemodelan GWR pada Pembobot <i>Fixed Gaussian</i>	120
Lampiran 18	Pemodelan GWR pada Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i>	122
Lampiran 19	Pemodelan MGWR pada Pembobot <i>Fixed Gaussian</i>	124
Lampiran 20	Pemodelan MGWR pada Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i>	126

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR SIMBOL

<u>Simbol</u>	<u>Arti</u>
A^T	: transpose matriks A
$tr(A)$: trace matriks A
I	: matriks identitas
y_i	: data variabel respon pada pengamatan ke- i
x_k	: variabel prediktor ke- k , $k = 1, 2, \dots, p$
x_{ik}	: variabel prediktor ke- k pada pengamatan ke- i , $i = 1, 2, \dots, n$
β_k	: koefisien parameter ke- k , $k = 1, 2, \dots, p$
ε	: galat
α	: taraf signifikansi
u_i	: letak garis lintang (<i>latitude</i>)
v_i	: letak garis bujur (<i>longitude</i>)
w_{ij}	: bobot spasial yang diberikan pengamatan
d_{ij}	: jarak euclidian pengamatan i (u_i, v_i) dan j (u_j, v_j)
h_i	: <i>bandwidth adaptive kernel</i> pada lokasi ke- i
$E(\hat{\beta})$: ekspektasi penaksir parameter β_k , $k = 1, 2, \dots, p$
$Var(\hat{\beta})$: variansi penaksir parameter β_k , $k = 1, 2, \dots, p$
\mathbf{Y}	: vektor variabel respon berukuran $(n \times 1)$
$\boldsymbol{\varepsilon}$: vektor galat berukuran $(n \times 1)$
\mathbf{X}_g	: matriks variabel prediktor global berukuran $n \times (p + 1)$
\mathbf{X}_l	: matriks variabel prediktor lokal berukuran $n \times (p + 1)$
$\boldsymbol{\beta}_g$: vektor koefisien variabel prediktor global berukuran $(p + 1) \times 1$
$\boldsymbol{\beta}_l(u_i, v_i)$: matriks koefisien variabel prediktor lokal berukuran $(p + 1) \times 1$
$\mathbf{W}(u_i v_i)$: matriks diagonal penaksir parameter model GWR pada lokasi pengamatan ke- i berukuran $n \times n$.

L	: matriks proyeksi model GWR
$\hat{\varepsilon}_i^2$: jumlah kuadrat galat
db	: derajat bebas
σ^2	: variansi dari variabel respon
$\hat{\sigma}$: nilai estimator standar deviasi
\bar{e}_i	: rata rata nilai residual
\bar{y}	: rata-rata variabel respon
R^2	: koefisien determinasi
F_1	: statistik uji kesesuaian model MGWR
F_2	: statistik uji simultan parameter lokal model MGWR
F_3	: statistik uji simultan parameter global model MGWR

INTISARI

PEMODELAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* DAN *MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* DENGAN FUNGSI PEMBOBOT *GAUSSIAN KERNEL*

(Studi Kasus: Faktor-Faktor yang Memengaruhi Indeks Pembangunan Manusia
pada Setiap Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat Tahun 2021)

Oleh
SILVY MUMAYYA
NIM. 19106010039

Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) merupakan perkembangan model regresi global untuk mengatasi masalah heterogenitas spasial. Estimasi parameter yang dihasilkan bersifat lokal pada setiap lokasi pengamatan, pada pengujian parameter model GWR terkadang ditemukan variabel yang tidak berpengaruh secara lokal sehingga menyebabkan perkembangan model GWR menjadi model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR).

Model MGWR merupakan model gabungan antara regresi global dan GWR dengan hasil estimasi parameter bersifat lokal dan sebagian bersifat global pada setiap lokasi pengamatan. Penaksiran parameter model GWR dan MGWR menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS) dengan memberikan pembobot pada masing-masing lokasi pengamatan. Pembobot spasial yang digunakan adalah *fixed gaussian* dan *adaptive gaussian kernel*, pemilihan *bandwidth* optimum menggunakan metode *Cross Validation* (CV) dan ukuran kebaikan model menggunakan *Akaike Information Criterion* (AIC).

Penelitian ini membahas tentang pemodelan GWR dan MGWR pada data indeks pembangunan manusia di Provinsi Jawa Barat tahun 2021. Berdasarkan proses pengujian diperoleh hasil pemodelan GWR lebih baik dibandingkan model MGWR, model GWR dengan pembobot *adaptive gaussian kernel* memiliki nilai AIC paling optimum sebesar 8.870221. Faktor-faktor yang mempengaruhi IPM bervariasi secara lokal pada setiap pengamatan meliputi, jumlah sekolah, laju pertumbuhan penduduk, presentase penduduk miskin, tingkat pengangguran terbuka dan presentase pertumbuhan produk domestik regional bruto.

Kata Kunci: GWR, MGWR, *fixed gaussian*, *adaptive gaussian*, WLS, AIC, IPM.

ABSTRACT

GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION AND MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION MODELING WITH GAUSSIAN KERNEL WEIGHTING FUNCTIONS

(Case Study: Factors Influencing the Human Development Index in Each
Regency/City West Java Province in 2021)

By

SILVY MUMAYYA

NIM. 19106010039

The Geographically Weighted Regression (GWR) model is a development of the global regression model to address the problem of spatial heterogeneity. The resulting parameter estimates are local at each observation location. In testing the parameters of the GWR model, variables are sometimes found that have no effect locally, causing the development of the GWR model to become a Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) model.

The MGWR model is a combined modeling of global regression and GWR with the results of parameter estimates that are local and some are global at each observation location. The estimation of GWR and MGWR model parameters uses the Weighted Least Square (WLS) method by assigning weights to each observation location. The spatial weights used are fixed gaussian and adaptive gaussian kernels, selecting the optimum bandwidth using the Cross Validation (CV) method and measuring the goodness of the model using the Akaike Information Criterion (AIC).

This study discusses GWR and MGWR modeling on human development index data in West Java Province in 2021. Based on the GWR modeling testing process that is better than the MGWR model, the GWR model with adaptive gaussian kernel weights has the most optimum AIC value of 8.870221. The factors that influence HDI vary locally in each observation including the number of schools, the rate of population growth, the percentage of poor people, the open unemployment rate and the percentage of gross regional domestic product growth.

Keyword: GWR, MGWR, *fixed gaussian*, *adaptive gaussian*, WLS, AIC, IPM.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Statistika sebagai cabang dari matematika merupakan ilmu yang mempelajari tata-cara pengolahan data meliputi pengumpulan, penyajian, interpretasi serta penarikan kesimpulan dengan memberikan keputusan berdasarkan fakta yang pasti dan tidak diragukan lagi kebenarannya, sehingga proses analisis yang di kerjakan tidak melibatkan unsur ketidakpastian (Supandi, 2020). Dalam penggunaanya statistika dibagi menjadi dua macam yang pertama, statistika deskriptif yang dikerjakan dengan menyusun dan menyajikan data tanpa membuat atau menarik kesimpulan, kedua statistika inferensia yang dikerjakan dengan mengumpulkan, menyajikan, interpretasi dan menarik kesimpulan dengan memberikan keputusan terhadap hasil pengolahan data yang dilakukan.

Setiap hal yang berhubungan dengan statistika tentunya memiliki keterkaitan dengan data, pada umumnya data memuat tentang suatu informasi maupun keterangan yang memberikan gambaran pasti mengenai suatu keadaan ataupun peristiwa (Masrukhin, 2014). Ruang lingkup statistika yang awalnya berfokus pada bidang pemerintahan telah berkembang dalam berbagai bidang seperti perekonomian, pendidikan, geografis dan bidang lainnya. Perkembangan statistika pada berbagai bidang kehidupan tentunya tak jauh dari proses analisis yang dilakukan, proses analisis dengan melibatkan beberapa variabel penelitian dapat dikerjakan menggunakan analisis regresi dengan tata cara pengerjaan mengikuti prosedur statistika inferensia. Menurut Wahyuning (2021), kegunaan analisis regresi di antaranya untuk mengetahui hubungan antar variabel, pemodelan, serta pendugaan (*estimation*) atau peramalan (*forecasting*).

Dalam ilmu statistika model regresi dibagi menjadi dua macam, pertama regresi linier sederhana yaitu analisis yang melibatkan hubungan variabel respon (X) dengan satu variabel prediktor (Y), kedua regresi linier berganda yaitu analisis yang melibatkan hubungan variabel respon (X) dengan dua atau lebih variabel prediktor (Y) (Nuryadi dkk, 2017). Pada pemodelan regresi untuk membentuk estimasi yang baik antar variabel maka digunakan metode yang tepat untuk mengestimasi parameter, estimasi parameter model regresi dapat dikerjakan dengan metode estimasi kuadrat terkecil (*Ordinary Least Square/OLS*) (Kutner dkk, 2005).

Dalam pengerjaannya, analisis regresi digunakan pada data yang bukan merupakan aspek wilayah atau lokasi sehingga lokasi geografis yang diterapkan pada model tidak memiliki hubungan dengan variabel respon, namun apabila model regresi diterapkan pada data yang memiliki aspek lokasi (*spatial effect*) yang memenuhi asumsi galat identik independen dengan distribusi normal, maka dihasilkan taksiran parameter yang menyebar untuk setiap lokasi pengamatan (Apriyani dkk, 2018).

Data spasial merupakan jenis data yang berkaitan dengan titik koordinat letak geografis suatu wilayah dari ruang di dunia (Santoso, 2021). Hasil pengukuran terhadap suatu lokasi pengamatan akan memiliki keterkaitan dengan hasil pengukuran lokasi yang lain, apabila diperoleh hasil pengamatan antara satu lokasi dengan lokasi yang lain berbeda kondisi ini akan menyebabkan terjadinya keragaman spasial atau heterogenitas spasial (Yasin dkk, 2017).

Permasalahan heterogenitas spasial dalam model regresi dapat diatasi dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR). GWR merupakan metode statistika yang digunakan untuk mengatasi aspek heterogenitas spasial, yaitu kondisi ketika variabel prediktor yang sama memberikan pengaruh yang berbeda pada setiap lokasi pengamatan. Taksiran parameter model GWR menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS) dengan memberi pembobot pada setiap lokasi pengamatan sehingga menghasilkan taksiran parameter yang

bersifat lokal untuk setiap titik pada data penelitian yang diamati (Fotheringham dkk, 2002).

Estimasi parameter pada model GWR membutuhkan matriks pembobot spasial $W(u_i, v_i)$ oleh sebab itu dibutuhkan fungsi pembobot yang memiliki pengaruh terhadap aspek lokasi atau disebut *bandwidth*, perolehan *bandwidth* optimum didasarkan pada penggunaan metode yang tepat dalam perhitungannya. Menurut Leung, dkk (2000) metode CV (*Cross Validation*) merupakan metode yang tepat digunakan untuk memperoleh *bandwidth* optimum.

Fungsi pembobot yang digunakan untuk estimasi parameter pada model GWR diklasifikasikan beberapa macam, salah satunya fungsi kernel yang terbagi menjadi dua metode, pertama *fixed kernel* yang menghasilkan *bandwidth* optimum dengan nilai yang sama dan konstan pada setiap pengamatan, kedua *adaptive kernel* yang menghasilkan *bandwidth* optimum dengan nilai yang berbeda pada setiap pengamatan. Pembobot *fixed* dan *adaptive kernel* terbagi lagi menjadi 3 fungsi yaitu *gaussian kernel*, *bisquare kernel*, dan *tricube kernel*. Perbedaan ketiga fungsi kernel terletak pada fungsi pembobotnya, *gaussian kernel* memungkinkan nilai pembobot akan menurun apabila jarak pengamatan satu dengan yang lain semakin besar, sedangkan *bisquare* dan *tricube kernel* akan memberikan nilai pembobot sebesar nol apabila terjadi perbedaan jarak pengamatan atau lokasi berada diluar jangkauan *bandwidth* (Fotheringham dkk, 2002 dalam Wulandari, 2017).

Berdasarkan proses yang dilakukan secara parsial pada model GWR, parameter yang dihasilkan bersifat lokal dengan hasil berbeda pada setiap lokasi pengamatan, namun pada beberapa kasus pengujian tak jarang ditemukan satu atau lebih dari satu variabel yang tidak signifikan secara lokal sehingga tidak memiliki pengaruh pada lokasi pengamatan, dengan analisis lebih lanjut variabel yang tidak berpengaruh secara lokal pada kenyataannya memiliki pengaruh secara global, perkembangan model regresi dengan parameter bersifat lokal dan lainnya bersifat global dikembangkan lagi dengan metode gabungan yang bermula dari model

GWR menjadi model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) (Yasin dkk, 2017).

Model MGWR merupakan model gabungan antara model regresi linear berganda dengan model GWR. Taksiran parameter model MGWR terdiri dari dua tahap yakni taksiran parameter lokal menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS) dan taksiran parameter global dengan metode *Ordinary Least Square* (OLS) (Leung dkk, 2000). Secara umum model MGWR pada lokasi ke i dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^q \beta_k(u_i, v_i)X_{ik} + \sum_{k=q+1}^p \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i; i = 1, 2, \dots, n$$

Persaman diatas menunjukkan (u_i, v_i) yang merupakan koordinat letak geografis (*longitude, latitude*) dari pengamatan ke- i dan $\beta_k(u_i, v_i)$ merupakan nilai observasi variabel prediktor ke- k pada lokasi ke- i .

Penelitian regresi menggunakan pemodelan GWR dan MGWR dapat di terapkan pada data indeks pembangunan manusia (IPM) pada setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat. IPM merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur keberhasilan dalam upaya pembangunan kualitas hidup manusia. Tiga dimensi dasar yang dibentuk dalam IPM meliputi hidup sehat, pengetahuan, dan standar hidup yang layak. IPM pada setiap daerah bernilai berbeda bergantung pada karakteristik wilayah, variabel prediktor yang memengaruhi IPM tidak dapat digeneralisasikan pada setiap lokasi pengamatan, sehingga data IPM diduga mengandung keragaman spasial (Heterogen) (Safitri dkk, 2020).

IPM memiliki hubungan keterkaitan antara manusia dengan pembangunan disekitarnya, apabila ditemukan suatu wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi maka angka pembangunan manusia di wilayah tersebut harus diperhitungkan (Yanthi dkk, 2016). Provinsi Jawa Barat merupakan provinsi dengan jumlah penduduk terbesar di Indonesia. Berdasarkan data dari Kemendagri tahun 2021 jumlah populasi penduduk Jawa Barat sebesar 2,73 juta penduduk, merujuk pada

kategori IPM pada data (BPS, 2022) Provinsi Jawa Barat hanya memiliki dua kategori yaitu sedang dan tinggi, IPM tertinggi berada di Kota Bandung sebesar 81.96 dan jumlah terendah berada pada Kabupaten Cianjur sebesar 65.56.

Kondisi kesehatan, pendidikan maupun perekonomian penduduk pada masing masing wilayah memiliki keragaman yang berbeda-beda. Apabila pertumbuhan sosial dan ekonomi dalam suatu wilayah cepat maka angka IPM pada wilayah tersebut akan meningkat dan sebaliknya pertumbuhan sosial maupun ekonomi yang lambat akan berpengaruh terhadap turunnya nilai IPM. Hal ini menyebabkan perlunya mengetahui faktor apa saja yang memengaruhi tinggi maupun rendahnya angka IPM di Provinsi Jawa Barat, sehingga pemerintah daerah setempat mampu mengusahakan program pembangunan untuk meningkatkan nilai IPM sebagai usaha memperbaiki kondisi kesejahteraan manusia (Yanthi dkk, 2016).

Penelitian ini akan membahas tentang apa saja faktor yang memengaruhi indeks pembangunan manusia pada setiap Kabupaten/Kota di provinsi Jawa Barat tahun 2021 menggunakan modek *Geographically Weighted Regresion* (GWR) dan *Mixed Geographically Weighted Regresion* (MGWR). Fungsi pembobot yang digunakan yaitu pembobot *fixed gaussian* dan *adaptive gaussian kernel* yang diperoleh dengan membandingkan fungsi *kernel* yang menghasilkan nilai pembobot paling optimal.

Data yang digunakan adalah data sekunder yang bersumber dari buku pedoman Badan Pusat Statistika Provinsi Jawa Barat pada tahun 2022, adapun beberapa faktor yang memengaruhi indeks pembangunan manusia dan dijadikan variabel prediktor dalam penelitian diantaranya, jumlah sekolah, persentase laju pertumbuhan penduduk, persentase penduduk miskin, tingkat pengangguran terbuka, dan persentase pertumbuhan produk domestik regional bruto.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka penulis dapat menguraikan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana langkah-langkah memodelkan GWR dan MGWR dengan membandingkan pembobot *fixed gaussian* dan *adaptive gaussian kernel*?
2. Fungsi pembobot manakah yang lebih baik digunakan antara *fixed gaussian kernel* dan *adaptive gaussian kernel* pada data IPM Provinsi Jawa Barat?
3. Variabel apa saja yang signifikan memengaruhi IPM Provinsi Jawa Barat menggunakan model GWR dan MGWR?

1.3 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup dalam penelitian tidak keluar dari permasalahan, maka penulis membatasi masalah dalam penelitian sebagai berikut:

1. Fungsi pembobot yang digunakan adalah *fixed gaussian* dan *adaptive gaussian kernel* dengan membandingkan di antara kedua fungsi pembobot.
2. Pemilihan model terbaik menggunakan nilai koefisien determinasi R^2 dan *Akaike Information Criterion* (AIC).
3. Penelitian ini di fokuskan pada data indeks pembangunan manusia di Provinsi Jawa Barat dengan beberapa variabel prediktor meliputi, jumlah sekolah, persentase laju pertumbuhan penduduk, persentase penduduk miskin, tingkat pengangguran terbuka, dan persentase laju pertumbuhan produk domestik regional bruto.
4. Menggunakan bahasa pemrograman *R – Studio*, dan aplikasi ArcGis 10.8.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan batasan masalah yang telah diuraikan, penulis merumuskan beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Mempelajari langkah-langkah pemodelan GWR dan MGWR dengan membandingkan pembobot *fixed gaussian* dan *adaptive gaussian kernel*.
2. Menentukan fungsi pembobot yang paling baik digunakan antara *fixed gaussian kernel* dan *adaptive gaussian kernel* pada data IPM Jawa Barat.
3. Mengetahui variabel yang signifikan memengaruhi IPM Provinsi Jawa Barat menggunakan model GWR dan MGWR.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Bagi penulis, penelitian ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan mengenai ilmu statistika dan penerapannya pada model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dan *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) dengan pembobot *fixed gaussian* dan *adaptive gaussian kernel*.
2. Bagi almamater, penelitian ini dapat dijadikan bahan pengembangan keilmuan, khususnya kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta Program Studi Matematika.
3. Bagi pembaca, penelitian ini dapat dijadikan sumber informasi mengenai variabel apa saja yang berpengaruh terhadap IPM Provinsi Jawa Barat tahun 2021 sehingga hasil penelitian dapat dijadikan pertimbangan pemerintah daerah dalam menentukan kebijakan dimasa yang akan datang.

1.6 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka pada penelitian ini diperoleh dari berbagai referensi seperti buku, artikel, jurnal dan sumber lainnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dikerjakan penulis. Beberapa penelitian yang dijadikan referensi diantaranya:

Penelitian Ranita Nur Safitri, dkk (2020) yang berjudul Penerapan Model *Mixed Geographically Weighted Regression* dengan Fungsi Pembobot *Adaptive Tricube*. Studi kasus yang digunakan adalah IPM 30 Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Timur, Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan Tahun 2016. Pembobot spasial yang digunakan yaitu *Adaptive Tricube Kernel*, kriteria *bandwidth* optimum menggunakan *Akaike Information Criterion* (AIC), kriteria kebaikan model menggunakan nilai AIC dan koefisien determinasi (R^2). Hasil penelitian menunjukkan model MGWR lebih baik digunakan daripada model GWR dimana model MGWR menghasilkan AIC minimum dengan variabel prediktor

yang memengaruhi IPM setiap Kabupaten/Kota bersifat lokal dan sebagian berpengaruh secara global pada masing-masing Kabupaten/Kota.

Penelitian Nur Fajar Apriyani, dkk (2018) yang berjudul *Pemodelan Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)* dengan studi kasus jumlah penderita diare di Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2015. Pembobot spasial yang digunakan yaitu *Adaptive Gaussian Kernel* dengan pemilihan kriteria *bandwidth* optimum menggunakan metode *Cross Validation (CV)* sedangkan kriteria kebaikan model menggunakan nilai koefisien determinasi (R^2). Hasil penelitian menunjukkan metode terbaik menggunakan model MGWR dengan menghasilkan dua faktor yang berpengaruh secara global dan satu faktor berpengaruh secara lokal pada setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Timur tahun 2015.

Penelitian Pratama Ganang Widayaka, dkk (2016) dengan judul *Pendekatan Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)* untuk Pertumbuhan Ekonomi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Tengah. Pembobot spasial yang digunakan menggunakan *adaptive gaussian*, dengan kriteria pemilihan *bandwidth* optimum menggunakan metode *Cross Validation (CV)* dan pemilihan model yang sesuai menggunakan *Akaike Information Criterion (AIC)*. Hasil dari penelitian menunjukkan tiga variabel yang berpengaruh secara lokal dan dua variabel yang berpengaruh secara global dengan salah satu variabel tidak signifikan, pemodelan MGWR sangat tepat digunakan karena menghasilkan nilai AIC yang paling optimum dibandingkan model GWR.

Penelitian Ika Febriana Wuryanti, dkk (2013) yang berjudul *Pemodelan Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)* pada Angka Kematian Balita di Kabupaten Bojonegoro Tahun 2011. Pembobot spasial yang menggunakan *Adaptive Bisquare Kernel* dengan pemilihan kriteria *bandwidth* optimum menggunakan metode *Cross Validation (CV)* dan kriteria pemilihan model terbaik menggunakan *Akaike Information Criterion (AIC)*. Hasil dari penelitian menunjukkan penggunaan fungsi pembobot *Gaussian* merupakan model yang paling baik digunakan untuk menggambarkan angka kematian balita di Kabupaten

Bojonegoro, sedangkan model MGWR memberikan lima variabel prediktor yang berpengaruh secara lokal, dan dua variabel respon yang berpengaruh secara global.

Perbandingan masing-masing penelitian dapat disajikan dalam **Tabel 1.1** sebagai berikut:

Tabel 1.1 Tinjauan Pustaka

No.	Peneliti	Model	Pembobot	Kebaikan Model	Studi Kasus
1	Ranita Nur Safitri, dkk (2020)	GWR & MGWR	<i>Adaptive Tricube, bandwidth optimum dengan nilai AIC</i>	AIC & <i>Adjusted R²</i>	IPM pada Setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Timur, Tengah dan Selatan
2	Nur Fajar Apriyani, dkk (2018)	GWR & MGWR	<i>Adaptive Gaussian, bandwidth optimum dengan nilai CV</i>	<i>Adjusted R²</i>	Penderita Diare di Provinsi Kalimantan Timur
3	Pratama Ganang Widayaka, dkk (2016)	GWR & MGWR	<i>Adaptive Gaussian, bandwidth optimum dengan nilai CV</i>	AIC	Pertumbuhan Ekonomi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Tengah
4	Ika Febriana Wuryanti, dkk (2013)	MGWR	<i>Adaptive Bisquare, bandwidth optimum dengan nilai CV</i>	AIC	Angka Kematian Balita di Kabupaten Bojonegoro
5	Silvy Mumayya (2023)	GWR & MGWR	<i>Fixed Gaussian dan Adaptive Gaussian, bandwidth optimum CV</i>	AIC & <i>Adjusted R²</i>	IPM pada Setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat

Berdasarkan tabel penelitian diperoleh persamaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang dikaji penulis saat ini meliputi metode yang digunakan yaitu *Geographically Weighted Regression (GWR)* dan *Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)* dengan kriteria pemilihan *bandwidth* optimum menggunakan *Cross Validation (CV)*, sedangkan perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya meliputi studi kasus, ukuran kebaikan model, serta pemilihan pembobot yang digunakan penulis yaitu dengan membandingkan fungsi pembobot *Fixed Gaussian* dan *Adaptive Gaussian Kernel*.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman penulisan secara keseluruhan, penulis menggambarkan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan memuat latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, kemudian tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, dan sistematika penulisan atau urutan dalam penulisan skripsi.

BAB II LANDASAN TEORI

Landasan teori memuat tentang konsep, kerangka pikiran, dan hipotesis yang bersangkutan dengan metode penelitian sebagai dasar landasan dalam penulisan dan pengolahan data. Bagian ini berisikan tentang matriks, konsep regresi, dan pernyataan yang berhubungan dengan data penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian memuat tentang variabel pokok yang dijadikan inti bahasan sebagai prosedur atau proses untuk menjalankan penelitian, selain itu metodologi penelitian juga membahas metode pengumpulan data, metode analisis data dan bentuk *flowchart* penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN

Pembahasan memuat teori tentang teori *Geographically Weighted Regression*, koordinat spasial, fungsi pembobot *fixed kernel* dan *adaptive kernel*, *bandwidth* optimum, serta analisis *Mixed Geographically Weighted Regression*.

BAB V STUDI KASUS

Studi kasus membahas mengenai hasil penelitian yang mampu menjelaskan deskripsi IPM dan variabel prediktor yang mempengaruhi variabel respon pada setiap Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Barat, analisis regresi linier berganda, pemodelan GWR, serta pemodelan MGWR dengan membandingkan dua fungsi pembobot *fixed gaussian* dan *adaptive gaussian kernel*.

BAB VI PENUTUP

Penutup berisi tentang ringkasan penelitian atau kesimpulan yang dapat ditarik dari pengerjaan pembahasan serta memuat tentang jawaban atas latar belakang permasalahan. Bagian penutup juga berisi saran yang dapat dijadikan evaluasi untuk penelitian yang akan datang.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

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

1. Langkah-langkah pemodelan GWR dan MGWR dengan fungsi pembobot *gaussian kernel* diantaranya:
 - a. Mengumpulkan variabel data yang digunakan dalam penelitian.
 - b. Analisis regresi linier berganda dengan langkah langkah:
 - 1) Melakukan analisis statistika deskriptif
 - 2) Estimasi parameter model regresi linier berganda dengan metode OLS
 - 3) Uji parameter secara serentak dan parsial menggunakan uji F dan uji t .
 - 4) Uji asumsi klasik model regresi linier berganda, jika tidak terdapat heterogenitas maka pemodelan cukup sampai regresi linear berganda.
 - c. Pemodelan *Geographically Weighted Regression* (GWR)
Langkah-langkah analisis model GWR diantaranya:
 - 1) Menentukan jarak *euclidian* (u_i, v_i).
 - 2) Mencari pembobot berdasarkan *bandwidth* optimum yang diperoleh dengan metode *Cross Validation* (CV).
 - 3) Menghitung matriks pembobot dari dua fungsi *kernel* paling optimum.
 - 4) Mengestimasi parameter GWR dengan metode WLS
 - 5) Pengujian kesesuaian model GWR
 - 6) Pengujian parameter model GWR
 - 7) Mengelompokkan Kabupaten/Kota yang memiliki pengaruh signifikan secara lokal terhadap variabel respon.
 - 8) Uji variabilitas spasial untuk menentukan parameter yang berpengaruh secara global maupun lokal.

d. Pemodelan *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR)

Langkah-langkah dalam analisis MGWR diantaranya:

- 1) Estimasi parameter global dengan metode OLS dan estimasi parameter lokal dengan metode WLS.
- 2) Pengujian kesesuaian model MGWR.
- 3) Menguji secara serentak variabel prediktor global dan lokal.
- 4) Menguji secara parsial variabel prediktor global dan lokal.
- 5) Mengelompokkan Kabupaten/Kota yang memiliki pengaruh signifikan baik berpengaruh secara lokal maupun global terhadap variabel respon.

e. Interpretasi model GWR dan MGWR dengan membandingkan fungsi pembobot *fixed gaussian* dan *adaptive gaussian kernel* berdasarkan kriteria AIC dan *Adjusted R²* yang paling optimal.

f. Penarikan kesimpulan.

2. Fungsi pembobot yang paling tepat digunakan untuk memodelkan IPM di Provinsi Jawa Barat yaitu pembobot *adaptive gaussian kernel* pada model GWR dengan nilai AIC minimum sebesar 8.870221 dan *Adjusted R²* sebesar 95.31% yang artinya variabel prediktor mampu menjelaskan varians dari variabel respon sebesar 95.31%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model GWR merupakan model yang tepat digunakan untuk memodelkan data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dengan kelima variabel prediktor.
3. Berdasarkan estimasi parameter dan pengujian hipotesis model GWR dengan pembobot *adaptive gaussian*, diperoleh faktor-faktor yang memengaruhi IPM pada 27 Kabupaten/Kota membentuk 8 kelompok wilayah yang bervariasi secara lokal, sedangkan model MGWR dengan pembobot *adaptive gaussian*, menghasilkan variabel prediktor global yakni X_4 (TPT) dan variabel prediktor lokal meliputi meliputi X_1 (JS), X_2 (LPP), X_3 (PPM), X_5 (PDRB) membentuk 7 kelompok wilayah yang bervariasi secara lokal.

6.2 Saran

Metode GWR dan MGWR mampu memodelkan data indeks pembangunan manusia pada setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat yang memiliki aspek lokasi (*spatial effect*), sehingga saran yang dapat diberikan meliputi:

1. Ruang lingkup observasi yang digunakan dapat dipersempit dalam 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. Pemodelan GWR pada data IPM Jawa Barat menghasilkan model yang cukup baik dibandingkan dengan model MGWR, oleh sebab itu penggunaan variabel prediktor dapat ditambahkan dengan faktor-faktor yang memiliki keterkaitan dengan variabel respon (IPM);
4. Faktor-faktor yang mempengaruhi IPM dengan pemodelan GWR maupun MGWR setiap wilayah memiliki pengaruh yang berbeda, sehingga mampu menjadi bahan evaluasi dan ukuran kinerja pemerintah untuk meningkatkan pembangunan manusia pada masing-masing wilayah di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, H., & Rorres, C. 2005. *Elementary Linear Algebra*. Ninth Edition. Canada: John Wiley & Sons.
- Apriyani, N. F., Yuniarti, D., & Hayati, M. N. 2018. *Pemodelan Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) (Studi Kasus: Jumlah Penderita Diare di Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2015)*. Jurnal Eksponensial Volume 9, Nomor 1.
- 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*. (Ed.1). Yogyakarta: Mobius.
- Dewi, N. 2017. *Pengaruh Kemiskinan dan Perumbuhan Ekonomi Terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Riau*. Jom Fekon, Vol.4, No.1, Hal 870-882.
- Fathurahman, M. 2010. *Pemilihan Model Regresi Terbaik Menggunakan Akaike Information Criterion*. Jurnal Eksponensial Volume 1, Nomor 2.
- Fotheringham, A. S., Brunson, C., & Charlton, M. 2002. *Geographically Weighted Regression*. John Wiley & Sons Ltd.
- Gujarati, N. D. 2003. *Basic Econometrics*. 4th ed. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Hakim, A. R., Yasin, H., & Suparti, S. 2014. *Pemodelan Persentase Penduduk Miskin Di Kabupaten Dan Kota Di Jawa Tengah Dengan Pendekatan Mixed Geographically Weighted Regression*. Jurnal Gaussian, 3(4), 575–584.
- Harahap, R. N. 2022. *Implementasi Geographically Weighted Regression (Gwr) dan Mixed Geographically Weighted Regression (Mgwr) Dalam Perhitungan Jumlah Penduduk Miskin*. Skripsi, Program Studi Statistika. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hasan, M. I. 2003. *Pokok-Pokok Materi Statistik 2 (Statistik Inferensif)*. (Ed. 2). Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Neter, J., & Li, W. 2005. *Applied Linear Regression Models*. 4th ed. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

- Leung, Y., Mei, C. L., & Zhang, W. X., 2000. *Statistic Tests for Spatial Non Stationarity Based on the Geographically Weighted Regression Model, Environment and Planning A*.
- Masrukhin. 2014. *Statistik Deskriptif dan Inferensial*. Kudus: Media Ilmu Press.
- Nuryadi., Astuti, T. D., Utami, E. S., & Budiantara, M. 2017. *Dasar Dasar Statistik Penelitian*. Yogyakarta: Gramasurya.
- Purhadi., & Yasin, H. 2012. *Mixed geographically weighted regression model (case study: The percentage of poor households in Mojokerto 2008*. European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.69 No.2 (2012), pp. 188-196.
- Qudratullah, M. F. 2013. *Analisis Regresi Terapan: Teori, Contoh Kasus dan Aplikasi dengan SPSS*. (Ed.1). Yogyakarta: CV Andi offset.
- Rencher, A. C., & Schaalje, G. B. 2008. *Linier Models in Statistics: Second Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Safitri, R. N., Suyitno., & Hayati, M. N. 2020. *Penerapan Model Mixed Geographically Weighted Regression dengan Fungsi Pembobot Adaptive Tricube* Jurnal Eksponensial Volume 11, Nomor 2.
- Santoso, J. T. 2021. *GIS Sistem Informasi Geografis*. Semarang: Yayasan Prima Agus Teknik.
- Sholekhah, N. A. 2021. *Model Geographically Weighted Logistic Regression Pada Fungsi Pembobot Adaptive Gaussian Kernel*. Skripsi, Program Studi Matematika. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Supandi, E. D. 2020. *Statistika dan Terapannya*. Yogyakarta: PT Refika Aditama.
- Ulfie, S., & Amaliana, L. 2021. *Model Geographically Weighted Regression dengan Fungsi Pembobot Adaptive dan Fixed Kernel pada Kasus Kematian Ibu di Jawa Timur*, Jurnal Statistika dan Aplikasinya, Volume 5 Issue 2.
- Wahyuning, S. *Dasar Dasar Statistik*. 2021. Semarang: Yayasan Prima Agus Teknik.
- Widayaka, P. G., Mustafid., & Rahmawati, R. 2016. *Pendekatan Mixed Geographically Weighted Regression Untuk Pemodelan Pertumbuhan Ekonomi Menurut Kabupaten/Kota Di Jawa Tengah*. Jurnal Gaussian, Volume 5, Nomor 4, Halaman 727-736.

- Wulandari, N. D. 2017. *Pemodelan Mixed Geographically Temporally Weighted Regression (Mgtwr) Pada Kasus Produksi Tanaman Padi Di Provinsi Jawa Timur*. Skripsi, Program Studi Statistika. Universitas Brawijaya. Malang.
- Wuryanti, I. F., Purnami, S. W., & Yasin, P. 2013. *Pemodelan Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) pada Angka Kematian Balita Di Kabupaten Bojonegoro*. Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 2, No.1.
- Yasin, H., Warsito, B., Ispriyanti, D., & Hoyyi, A. 2017. *Komputasi Metode Mixed Geographically Weighted Regression Menggunakan Graphical User Interface (Gui)*. Seminar Statistika FMIPA UNPAD 2017 (SNS VI) ISSN: 2087-2590.
- Yanthi, N. P. D., & Budiantara, I. N. 2016. *Pemodelan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Di Jawa Tengah*. Jurnal Sains dan Seni Its Vol. 5 No.2.