

SKRIPSI
PEBANDINGAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED*
***REGRESSION (GWR)* DENGAN FUNGSI**
PEMBOBOT KERNEL GAUSSIAN DAN BISQUARE
(Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di
Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021)



FARKHANA AMALIYAH

18106010047

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

2023

**PERBANDINGAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED*
REGRESSION (GWR) DENGAN FUNGSI
PEMBOBOT KERNEL GAUSSIAN DAN BISQUARE
(Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Di
Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021)**

Skripsi

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Pogram Studi**

Matematika



diajukan oleh:

FARKHANA AMALIYAH

18106010047

**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 Saudara:

Nama : Farkhana Amaliyah

NIM : 18106010047

Judul Skripsi : PEBANDINGAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)* DENGAN FUNGSI PEMBOBOT KERNEL GAUSSIAN DAN BISQUARE (Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021)

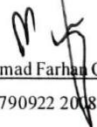
sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Matematika.

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

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 04 Juli 2023

Pembimbing


Mohammad Farhan Oudratullah., S.Si., M.Kom

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-1884/Un.02/DST/PP.00.9/08/2023

Tugas Akhir dengan judul : PERBANDINGAN GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)
DENGAN FUNGSI PEMBOBOT KERNEL GAUSSIAN DAN BISQUARE (Studi
Kasus: Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : FARKHANA AMALIYAH
Nomor Induk Mahasiswa : 18106010047
Telah diujikan pada : Senin, 17 Juli 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: 64c8b897c1c1d



Penguji I

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

Valid ID: 64b642d944271



Penguji II

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

Valid ID: 64e277eb1e4f8



Yogyakarta, 17 Juli 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 64c9c3eae9c9e

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Farkhana Amaliyah
NIM : 18106010047
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, 04 Juli 2023


Farkhana Amaliyah

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

Jadilah orang berilmu yang mengilmukan orang lain

Orang cerdas yang mencerdaskan orang lain

Orang sukses yang mensukseskan orang lain

Dan bahkan jadilah orang kaya yang mengkayakan orang
lain

You Can If You Think You Can

”IKHLAS BAKTI BINA DIRI ABDI ISLAMI”

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur pada Tuhan Semesta Alam dan Sholawat
teriring Salam Teruntuk Kekasih-Nya

Pada karya yang sederhana ini, kupersembahkan untuk:

Rama Biyung tercinta serta keluarga Bani Sanmiardja
Surip

Tanpa do'a-do'a mereka rasanya mustahil saya sampai
pada titik ini

Almamater terkasih Program Studi Matematika
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan semesta alam yang tak pernah lekang memberikan segala bentuk kenikmatan untuk semua makhluk-Nya. Semoga kita termasuk golongan yang senantiasa diberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga dapat mencapai kemuliaan hidup di dunia dan di akhirat. Puji syukur kehadirat Allah SWT penyusun panjatkan atas segala rahmat, nikmat, taufiq dan inayah-Nya sehingga penyusun bisa menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Perbandingan *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan Fungsi Pembobot Kernel Gaussian dan Bisquare (Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021” sebagai bagian dari tugas akhir dalam menempuh studi Sarjana Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Shawatul serta salam semoga selalu tercurahkan kepada nabi Muhammad SAW dan segenap keluarga dan para sahabatnya yang tak pernah mengenal lelah memperjuangkan agama islam sehingga manusia dapat mengetahui jalan yang benar dan jalan yang batil.

Dengan segenap kerendahan hati, penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah

memberi bantuan moril maupun materil, tenaga dan pikiran sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan baik. Oleh karena itu tak lupa penulis menghaturkan ta'zim dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Phil Al Makin, S.Ag., M.Ag., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta serta Dosen Penasehat Akademik.
4. Bapak Mohammad Farhan Qodratullah, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan banyak arahan dan semangat dalam pengerjaan penelitian ini.
5. Kepada segenap Dosen dan staff Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, khususnya Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Matematika yang telah memberikan ilmu dan wawasan kepada penulis selama perkuliahan hingga menyusun skripsi sampai selesai.
6. Rama, Biyung tercinta serta keluarga Bani Sanmiardja Surip yang selalu memberikan do'a ,

dukungan, motivasi, dan kasih sayang yang tidak pernah putus sehingga terselesainya penelitian ini dengan baik.

7. Teman-teman seperjuangan Matematika 2018 yang selalu menemani dan kebersamai dalam menyelesaikan studi ini.
8. Keluarga Unit Kegiatan Mahasiswa Pramuka Racana Sunan Kalijaga dan Racana Nyi Ageng Serang yang selalu menuliskan cerita baru selama menempuh pendidikan di kota istimewa ini.
9. Teman-teman Dewan Racana Sunan Kalijaga dan Racana Nyi Ageng Serang Masa Bakti 2021 dan 2022 yang telah memberikan pengalaman dan wawasan yang sangat luar biasa dan selalu kebersamai dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
10. Serta berbagai pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semoga semua yang telah mereka berikan dapat memberikan manfaat bagi penulis dan menjadi amal ibadah serta mendapat balasan yang baik dari Allah SWT. Penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penelitian skripsi ini, untuk itu diharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat

bagi penulis dan kepada semua orang yang
membutuhkannya. *Aamiin Ya Rabbal 'Alamiin.*

Yogyakarta, 5 Mei 2023

Penulis



DAFTAR ISI

MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMBANG.....	xviii
ABSTRAK.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Masalah	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Tinjauan Pustaka.....	9
1.7 Sistematika Penelitian.....	13
BAB II LANDASAN TEORI.....	15
2.1 Matriks.....	15
2.1.1 Operasi Matriks	15
2.1.2 Transpose Matriks	17
2.1.3 Determinan Matriks.....	18
2.1.4 Invers Matriks.....	18
2.2 Mean dan Variansi.....	19

2.3	Kovariansi.....	21
2.4	Analisis Regresi Linear.....	22
	2.4.1 Model Regresi Linear Sederhana.....	22
	2.4.2 Model Regresi Berganda.....	23
2.5	Estimasi Regresi Linear.....	25
	2.5.1 <i>Ordinary Least Square (OLS)</i>	25
	2.5.2 <i>Weighted Least Square (WLS)</i>	29
2.6	Uji Parameter Model Regresi	30
	2.6.1 Uji Signifikansi Secara Simultan (Uji F) .	30
	2.6.2 Uji Signifikansi Secara Parsial (Uji T)	32
2.6	Uji Asumsi Klasik.....	34
	2.6.1 Uji Normalitas.....	34
	2.6.2 Uji Multikolinearitas	35
	2.6.3 Uji Autokorelasi.....	36
	2.6.4 Uji Heteroskedastisitas.....	37
2.7	Data Spasial	37
2.8	Indeks Pembangunan Manusia (IPM)	39
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	41
3.1	Jenis Penelitian	41
3.2	Sumber Data	41
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	42
3.4	Obyek Data	42
3.5	Variabel Penelitian.....	43
3.6	Metode Analisis Data	44
	3.6.1 Fungsi Pembobot Kernel Gaussian.....	44
	3.6.2 Fungsi Pembobot Kernel Bisquare	45

3.7	Flowchart Penelitian	47
BAB IV PEMBAHASAN		48
4.1	<i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i>	48
4.2	Penaksiran Parameter Model GWR.....	49
4.3	Bandwidth GWR	54
4.4	Pembobot Model GWR	55
4.5	Uji Hipotesis Model GWR	56
4.5.1	Pengujian Kesesuaian Model (<i>Goodness of Fit</i>).....	56
4.5.2	Pengujian Parameter Model.....	57
4.6	Pemilihan Model Terbaik	59
4.6.1	<i>Akaike Information Criterion (AIC)</i>	59
4.6.2	Koefisien Determinasi (R^2).....	60
BAB V STUDI KASUS		61
5.1	Deskripsi Data	61
5.2	Model Regresi <i>Weighted Least Square (WLS)</i> ...	66
5.2.1	Uji Signifikansi Secara Simultan (Uji F) .	67
5.2.2	Uji Signifikansi Secara Parsial (Uji T)	69
5.3	Uji Asumsi Klasik.....	71
5.3.1	Uji Normalitas.....	72
5.3.2	Uji Multikolinearitas	73
5.3.3	Uji Autokorelasi.....	74
5.3.4	Uji Heteroskedastisitas.....	75
5.4	Model <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i>	77
5.5	Fungsi Pembobot Kernel Gaussian.....	78

5.5.1 Bandwidth (h)	78
5.5.2 Estimasi Parameter Model GWR.....	79
5.5.3 Kesesuaian Model.....	80
5.5.3 Uji Parameter Model GWR	81
5.6 Fungsi Pembobot Kernel Bisquare	84
5.6.1 Bandwidth (h)	84
5.6.2 Estimasi Parameter Model GWR.....	85
5.6.3 Kesesuaian Model.....	86
5.6.4 Uji Parameter Model GWR	86
5.6 Pemilihan Model Terbaik	89
BAB VI PENUTUP.....	91
6.1 Kesimpulan.....	91
6.2 Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN	99
Lampiran 1.....	99
Lampiran 2.....	101
Lampiran 3.....	106
Lampiran 4.....	122
Lampiran 5.....	128
Lampiran 6.....	130

DAFTAR TABEL

2.1	ANOVA Model Regresi	32
3.1	Variabel Penelitian	44
5.1	Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Jawa Tengah, 2011- 2021	62
5.2	Statistika Deskriptif	65
5.3	Estimasi Parameter dengan Metode OLS	66
5.4	Uji Simultan.....	68
5.5	Uji Parsial	70
5.6	Uji Multikolinearitas	72
5.7	Uji Normalitas	73
5.8	Uji Autokorelasi	75
5.9	Uji Heteroskedastisitas	76
5.10	Estimasi Parameter GWR (Gaussian)	79
5.11	Uji Kesesuaian Model (Gaussian)	80
5.12	Pengelompokan Kab/Kota menurut Signifikan (Gaussian).....	82
5.13	Estimasi Parameter GWR (Bisquare).....	85
5.14	Uji Kesesuaian Model (Bisquare)	86
5.15	Pengelompokan Kab/Kota menurut Signifikan (Bisquare)	87
5.16	Perbandingan Model GWR dengan OLS	89

DAFTAR GAMBAR

3.1	Flowchart Alur Penelitian.....	47
5.1	Peta IPM Jawa Tengah Tahun 2021	64
5.2	Visualisasi Kelompok Variabel Signifikan Kernel Gaussian	83
5.3	Visualisasi Kelompok Variabel Signifikan Kernel Bisquare	88



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMBANG

- Y : Variabel terikat
- X : Variabel bebas
- β_0 : Intersep (perpotongan garis regresi dengan sumbu- Y)
- β_1 : *Slope* (kemiringan), nilai ini mengukur besarnya perubahan nilai Y akibat bertambahnya X
- ε : *error*
- SSR : *Sum of Square due to Regression*
- SSE : *Sum of Square Error*
- n : Jumlah observasi
- k : Jumlah parameter
- MSR : *Mean Square due to Regression*
- TSS : *Total Sum of Square*
- VIF : *Variance Inflation Factor*
- W_{ij} : Pembobot pada titik lokasi pengamatan ke- i dari titik lokasi pengamatan ke- i ,
- $\hat{\sigma}$: Nilai estimator standar deviasi residual
- $\beta_0(u_i, v_i)$: Nilai intersep model pada lokasi ke- i
- $\beta_k(u_i, v_i)$: Nilai parameter regresi peubah penjelas ke- k untuk setiap lokasi ke- i
- (u_i, v_i) : Titik koordinat (lintang, bujur) lokasi ke- i

ABSTRAK

Geographically Weighted Regression (GWR) adalah salah satu metode statistika yang digunakan untuk menganalisis faktor risiko secara spasial dengan pendekatan titik dan yang mengandung heterogenitas spasial. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah salah satu data yang mengandung heterogenitas spasial. Adanya efek spasial merupakan hal yang sering terjadi antara suatu wilayah dengan wilayah lainnya. Tujuan dalam penelitian ini adalah memodelkan data IPM menggunakan GWR dengan fungsi pembobot kernel gaussian dan bisquare serta mencari model terbaik. Langkah analisis yang dilakukan yaitu melakukan pengujian dengan metode WLS serta uji asumsi klasik. Selanjutnya, melakukan pengujian menggunakan metode GWR dengan fungsi pembobot kernel gaussian dan bisquare, kemudian mencari model terbaik dengan membandingkan nilai R^2 dan AIC antara fungsi pembobot kernel gaussian dengan bisquare. Berdasarkan hasil dari penelitian yang diperoleh, model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel gaussian di Kabupaten Cilacap $\hat{Y}_{Gauss} = 7,348960414 + 0,4055466X_1 + 1,1075984X_2 + 1,177577X_3 + 0,0010194139X_4$ dan model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel bisquare di Kabupaten Cilacap $\hat{Y}_{Bisq} = 5.6478325 + 0.4244521X_1 + 1.0620703X_2 + 1.304242X_3 + 0.0010147800X_4$. Dalam pemilihan model terbaik, model GWR gaussian memiliki nilai R^2 terbesar yaitu 0,999814 dan AIC terkecil yaitu -71,08031, sehingga dapat disimpulkan bahwa, model GWR Gaussian lebih baik digunakan daripada model WLS maupun model GWR Bisquare

Kata Kunci: *Geographically Weighted Regression*, *Weighted Least Square*, Indeks Pembangunan Manusia, kernel gaussian, kernel bisquare

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Analisis regresi merupakan suatu metode statistika yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara peubah respon (*dependent*) dan peubah penjelas (*independent*). Analisis regresi umumnya digunakan untuk menganalisis data variabel respon yang berupa data kontinu (Kurniawan, 2017). Regresi spasial merupakan metode regresi yang digunakan untuk tipe data spasial atau data yang memiliki efek lokasi (*spatial effect*). Efek lokasi (*spatial effect*) terdiri dari dua jenis yaitu dependensi spasial dan heterogenitas spasial. Dependensi spasial dapat diartikan bahwa pengamatan pada lokasi i bergantung pada pengamatan lain di lokasi j , $j \neq i$. Sedangkan heterogenitas spasial terjadi akibat adanya efek lokasi random, yaitu perbedaan antara satu lokasi dengan lokasi yang lainnya. Dasar berkembangnya metode regresi spasial adalah metode regresi linear klasik (regresi linear berganda). Perkembangan itu berdasarkan adanya pengaruh tempat atau spasial pada data yang dianalisis. Eksistensi regresi spasial menurut Tobler (*Tobler's first law geography*) dalam Scanbenberger dan Gotway (2005) mengatakan “*everything is related to everything else, but near things are more related than distant things*”. Segala sesuatu saling

berhubungan satu dengan yang lainnya, tetapi sesuatu yang dekat lebih mempunyai pengaruh daripada sesuatu yang jauh.

Berdasarkan tipe data, pemodelan spasial dapat dibedakan menjadi pemodelan dengan pendekatan titik dan area (Salamah dkk. 2012). Data titik menunjukkan lokasi yang berupa titik, misalnya berupa titik pada *longitude* (garis bujur) dan *latitude* (garis lintang). Data garis digunakan untuk menggambarkan suatu hal yang memiliki jalur panjang bukan suatu area, misalnya garis kontur, jaringan jalan, sungai listrik dan sebagainya. Data area menunjukkan lokasi yang berupa luasan, seperti suatu negara, kabupaten, kota, dan sebagainya (Azkiyah, 2016). Jenis pendekatan titik yaitu *Geographically Weighted Regression* (GWR), *Geographically Weighted Logistic Regression* (GWLR), *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR), *Space Time Autoregressive* (STAR), dan *Generalized Space Time Autoregressive* (GSTAR). Jenis pendekatan area diantaranya *Mixed Regressive Autoregressive* atau *Spasial Autoregressive Model* (SAR), *Spasial Error Model* (SEM), *Spasial Autoregressive Moving Everage* (SARMA), *Spatial Durbin Model* (SDM), *Conditional Autoregressive Models* (CAR), dan panel data.

Salah satu metode statistika yang dapat digunakan untuk menganalisis faktor resiko secara spasial dengan

pendekatan titik adalah model spasial *Geographically Weighted Regression* (GWR). Menurut Fotheringham, dkk (2002) *Geographically Weighted Regression* (GWR) adalah sebuah metode statistika yang digunakan untuk menganalisis heterogenitas spasial. Heterogenitas spasial adalah apabila satu peubah bebas yang sama memberikan respon yang tidak sama pada lokasi yang berbeda dalam satu wilayah penelitian. Model GWR menghasilkan penaksir parameter model yang bersifat lokal untuk setiap titik atau lokasi dimana data tersebut diamati. Dalam model GWR, variabel respon (Y) ditaksir dengan variabel prediktor (X) yang masing-masing koefisien regresinya tergantung pada lokasi dimana data tersebut diamati, dalam arti lain bervariasi (tidak sama) di sepanjang lokasi. Penggunaan data spasial dan data temporal pada pemodelan berbasis GWR secara simultan dapat menghasilkan model yang lebih informatif dibandingkan dengan hanya menggunakan *cross-sectional data*.

Pemilihan matriks pembobot adalah salah satu langkah utama dalam GWR karena akan sangat mempengaruhi model GWR yang dihasilkan (Lin dan Wen, 2011). Pembobotan itu sendiri adalah hal yang paling penting dalam model GWR karena merupakan nilai untuk setiap lokasi. Lokasi yang dekat memiliki pengaruh kuat dalam estimasi, sedangkan lokasi yang jauh tidak

berpengaruh kuat. Metode yang dapat digunakan dalam menentukan berat model GWR menggunakan fungsi kernel, termasuk fungsi gaussian jarak, fungsi eksponensial, fungsi bi-square, dan fungsi kernel tricube. Ada beberapa cara dalam menentukan unsur-unsur matriks pembobot (W_i) dalam GWR diantaranya pembobot yang mengadopsi fungsi sebaran kernel. Fungsi kepekatan kernel seringkali digunakan dalam pemulusan data dengan memberikan pembobotan sesuai lebar jendela (bandwidth) optimal yang nilainya tergantung pada kondisi data. Fungsi kernel yang digunakan dalam matriks pembobot pada penelitian ini adalah bentuk kernel normal (Gaussian) dan fungsi kernel kuadrat (*Bi-square*) yang menggunakan jarak antara lokasi dalam fungsinya. Kedua fungsi ini dipilih karena keduanya menggunakan unsur jarak antar lokasi pengamatan yang nilainya bersifat kontinu, sehingga diharapkan hasil analisis akan lebih baik. Model GWR tidak dapat digunakan untuk menduga parameter selain parameter di lokasi pengamatan.

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) diperkenalkan oleh United Nations Developments Programme (UNDP) pada tahun 1990 dan dipublikasikan secara berkala dalam laporan tahunan Human Development Report (HDR). Komponen pembentuk IPM ada 4, yang pertama adalah dimensi kesehatan yang diwakili oleh dimensi umur

Panjang dan hidup layak serta Umur Harapan Hidup saat lahir (UHH). Kedua adalah Dimensi Pendidikan yang diwakili oleh dimensi pengetahuan dengan indikator Harapan Lama Sekolah (HLS). Ketiga, Rata-rata Lama Sekolah (RLS 25 th+). Keempat adalah dimensi ekonomi yang diwakili oleh dimensi standar hidup layak dengan indikator pengeluaran per kapita per tahun yang disesuaikan. IPM merupakan komponen dasar dalam menilai kemajuan pembangunan manusia. Kemajuan pembangunan manusia dapat dilihat dari kecepatan IPM serta status IPM. Kecepatan IPM menggambarkan upaya yang dilakukan untuk meningkatkan pembangunan manusia dalam satu periode. IPM Jawa Tengah setiap tahun mengalami kenaikan disbanding tahun-tahun sebelumnya, dimana pada tahun 2020 sebesar 71,87; tahun 2019 sebesar 71,73; tahun 2018 sebesar 71,12 dan tahun 2017 sebesar 70,50. Meskipun masih terimbas pandemic COVID-19, IPM Jawa Tengah tahun 2021 masih mampu tumbuh positif 0,29 poin, dari 71,87 poin di tahun 2020 menjadi 72,16 di tahun 2021.

Dalam metode statistika untuk memodelkan IPM dapat digunakan metode regresi linear biasa, namun model ini hanya akan menggambarkan kondisi secara umum. Kenyataannya kondisi semua wilayah yang diamati tidak sama, karena adanya faktor geografis. Perbedaan ini sangat

memungkinkan munculnya heterogenitas spasial. Bila kasus ini terjadi, maka regresi linear biasa kurang mampu dalam menjelaskan fenomena data yang sebenarnya.

Berdasarkan dari permasalahan di atas, penulis tertarik ingin melakukan penelitian dengan pemodelan spasial menggunakan model GWR. Dengan ini, penulis memberi judul “**Perbandingan *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan Fungsi Pembobot Kernel Gaussian dan Bisquare (Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021)**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis merumuskan beberapa masalah yang akan difokuskan dalam penelitian ini, diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana langkah-langkah *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel gaussian?
2. Bagaimana langkah-langkah *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel bisquare?
3. Bagaimana model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel

gaussian dan *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel bisquare?

4. Model manakah diantara model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel gaussian dan *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel bisquare yang terbaik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah penulis sampaikan di atas, maka tujuan penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Mengetahui langkah-langkah *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel gaussian
2. Mengetahui langkah-langkah *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel bisquare
3. Mengetahui model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel gaussian dan model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel bisquare
4. Mengetahui model terbaik antara model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan

fungsi pembobot kernel gaussian dan model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel bisquare

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Pemodelan spasial yang digunakan adalah pendekatan titik dengan model *Geographically Weighted Regression* (GWR)
2. Fungsi pembobot model GWR dengan menggunakan fungsi kernel gaussian dan fungsi kernel bisquare
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yakni data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa Tengah tahun 2021
4. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan pemrograman Bahasa R-4.2.2-win.exe dan Ms. Excel 2019

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada beberapa pihak antara lain:

1. Peneliti
Sebagai bentuk kontribusi dalam pengembangan ilmu matematika bidang statistika, terutama pada

pemodelan *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel gaussian dan model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel bisquare, serta sebagai salah satu syarat untuk kelulusan dan mendapatkan gelar Strata 1.

2. Pembaca

Dapat menambah wawasan dan menjadi bahan acuan atau referensi pada penelitian berikutnya, baik berdasarkan model atau permasalahan yang sama.

1.6 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian berjudul "*Estimasi Angka Harapan Hidup di Jawa Timur dengan menggunakan Geographically Weighted Regression (GWR)*" yang ditulis oleh Ifatul Farichah, mahasiswa Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malik Ibrahim Malang Tahun 2020. Penelitian ini menggunakan model *Geographically Weighted Regression (GWR)* dengan menggunakan salah satu fungsi pembobot yaitu fungsi *Addaptive Gaussian Kernel*. Pembobot ini menghasilkan nilai *bandwidth* yang berbeda untuk setiap titik pengamatan,

2. Penelitian ini berjudul “*Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) dengan Fungsi Kernel Bisquare Terhadap Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tingkat Kemiskinan di Kabupaten Demak*” yang ditulis oleh Marlita Vebiriyana mahasiswa Program Studi Statistika Fakultas MIPA Universitas Muhammadiyah Semarang. Penelitian ini menggunakan model *Geographically Weighted Regression (GWR)* dengan menggunakan fungsi pembobotnya yaitu *Fungsi Kernel Bisquare*. Pada penelitian ini fungsi pembobot *kernel bisquare* menggambarkan batas jarak suatu wilayah yang masih memberikan pengaruh cukup besar terhadap wilayah lain di sekitarnya.
3. Penelitian ini berjudul “*Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) dengan Fungsi Pembobot Fixed Bisquare Kernel dan Rook Contiguity*” yang ditulis oleh Wiwit Riasti Mahasiswa Program Studi Matematika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang Tahun 2016. Pada penelitian ini menggunakan model *Geographically Weighted Regression (GWR)* dengan menggunakan fungsi pembobot *Fixed Bisquare Kernel* dan *Rook Contiguity*. Pendugaan parameter dalam penelitian ini dilakukan secara serentak dengan uji F dan secara parsial untuk setiap lokasi dengan uji

t yang bertujuan untuk mengetahui parameter yang berpengaruh signifikan terhadap peubah respon pada setiap lokasi.

4. Penelitian ini berjudul “*Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) dengan Fungsi Pembobot Kernel Gaussian dan Bisquare*” yang ditulis oleh Nurul Lutfiani Mahasiswa Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang tahun 2017. Pada penelitian ini peneliti menggunakan objek penelitiannya dengan faktor-faktor kemiskinan di Jawa Tengah. Peneliti membandingkan kedua pembobot antara pembobot kernel gaussian dengan pembobot kernel bisquare untuk menentukan model mana yang lebih baik. Dalam menentukan pemilihan model terbaik peneliti menggunakan AIC (*Akaike Information Criterion*).

Literatur-literatur penelitian di atas dapat memberikan gambaran dan perbedaan tersendiri bagi peneliti untuk mengembangkan penelitiannya.

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode	Objek Penelitian
1.	Ifatul Farichah (UIN Maulana Malik Ibrahim Malang)	Estimasi Angka Harapan Hidup di Jawa Timur dengan menggunakan <i>Geographicall</i>	Fungsi <i>Addaptive Gaussian Kernel</i>	Angka Harapan Hidup (AHH) di Jawa Timur tahun 2017

		<i>y Weighted Regression (GWR)</i>		
2.	Merlita Vebiriyana (Universitas Muhammadiyah Semarang)	Pemodelan <i>Geographically Weighted Regression (GWR)</i> dengan Fungsi Kernel <i>Bisquare</i> Terhadap Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tingkat Kemiskinan di Kabupaten Demak	Fungsi Kernel <i>Bisquare</i> ,	Faktor-faktor yang mempengaruhi kemiskinan di Kabupaten Demak tahun 2012
3.	Wiwit Riasti (Universitas Brawijaya Malang)	Pemodelan <i>Geographical y Weighted Regression (GWR)</i> dengan Fungsi Pembobot <i>Fixed Bisquare Kernel</i> dan <i>Rook Contiguity</i>	Fungsi Pembobot <i>Fixed Bisquare Kernel</i> dan <i>Rook Contiguity</i>	Konsumsi daging sapi di Provinsi Jawa Timur Tahun 2014
4.	Nurul Lutfiani (Universitas Negeri Semarang)	Pemodelan <i>Geographical y Weighted Regression (GWR)</i> dengan Fungsi Pembobot Kernel Gaussian dan <i>Bisquare</i>	Fungsi Pembobot Kernel Gaussian dan <i>Bisquare</i>	Faktor-faktor yang mempengaruhi kemiskinan di Kabupaten Jawa Tengah
5.	Farkhana Amaliyah (UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta)	Penerapan <i>Geographical y Weighted Regression (GWR)</i> Pada	Fungsi Kernel Gaussian, Fungsi	Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa

		Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2021	Kernel Bisquare	Tengah Tahun 2021
--	--	---	-----------------	-------------------

1.7 Sistematika Penelitian

Dalam rangka mempermudah pemahaman dan pembahasan terhadap permasalahan yang diangkat dan diteliti, maka pembahasannya akan disusun secara sistematis sesuai tata urutan permasalahan yang ada, dengan uraiannya sebagai berikut:

Bab I : Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, pembatasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, dan sistematika penelitian.

Bab II : Landasan Teori

Bab ini memuat tentang landasan teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian, yang berupa pengertian dan definisi yang diambil dari kutipan buku maupun penelitian terdahulu yang berkenaan dengan analisis *Geographically Weighted Regression* dan juga indeks pembangunan manusia.

Bab III : Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang jenis penelitian, sumber data, obyek data, metode pengumpulan data, variabel penelitian, dan metode analisis data dalam penelitian, serta langkah-langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini.

Bab IV : Pembahasan

Bab ini membahas tentang analisis *Geographically Weighted Regression* pada Indeks Pembangunan Manusia (IPM).

Bab V : Studi Kasus

Bab ini merupakan studi kasus dari pembahasan penelitian ini, yang berisi tentang hasil penerapan analisis *Geographically Weighted Regression* pada Indeks Pembangunan Manusia (IPM).

Bab VI : Penutup

Bab ini merupakan bagian penutup yang terdiri dari kesimpulan atas jawaban masalah yang ada dan saran-saran yang berkaitan dengan penelitian sejenis di masa yang akan datang.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Fungsi Pembobot Kernel Gaussian
 - a. Melakukan estimasi regresi dengan metode *Weighted Least Square (WLS)*.
 - b. Melakukan uji signifikansi secara simultan (Uji F) dan parsial (Uji T).
 - c. Melakukan uji asumsi klasik analisis regresi linear.
 - d. Menganalisis model GWR dengan fungsi pembobot kernel Gaussian
 - Menentukan u_i dan v_i berdasarkan garis lintang selatan dan garis bujur timur untuk setiap kabupaten dan kota di Jawa Tengah
 - Menghitung jarak *Euclidean* antar kabupaten dan kota berdasarkan letak geografis
 - Menentukan nilai *bandwidth* berdasarkan *Cross Validdition (CV)*

- Menentukan matriks pembobot yang entri-entri-nya menggunakan fungsi kernel Gaussian
 - Mengestimasi parameter model GWR dengan menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS)
 - Menguji kesesuaian model GWR
- e. Menentukan model terbaik menggunakan Koefisien Determinasi (R^2) dan *Akaike Information Criterion* (AIC) untuk model GWR dengan pembobot kernel gaussian
2. Fungsi Pembobot Kernel Bisquare
- a. Melakukan estimasi regresi dengan metode *Weighted Least Square* (WLS)
 - b. Melakukan uji signifikansi secara simultan (Uji F) dan parsial (Uji T)
 - c. Melakukan uji asumsi klasik analisis regresi linear
 - d. Menganalisis model GWR dengan fungsi pembobot kernel bisquare
 - Menentukan u_i dan v_i berdasarkan garis lintang selatan dan garis bujur timur untuk setiap kabupaten dan kota di Jawa Tengah
 - Menghitung jarak *Euclidean* antar kabupaten dan kota berdasarkan letak geografis

- Menentukan nilai *bandwidth* berdasarkan *Cross Validdition (CV)*
 - Menentukan matriks pembobot yang entri-entri-nya menggunakan fungsi kernel bisquare
 - Mengestimasi parameter model GWR dengan menggunakan metode *Weighted Least Square (WLS)*
 - Menguji kesesuaian model GWR
- e. Menentukan model terbaik menggunakan Koefisien Determinasi (R^2) dan *Akaike Information Criterion (AIC)* untuk model GWR dengan pembobot kernel bisquare
3. Model *Geographically Weighted Regression (GWR)* dengan fungsi pembobot kernel gaussian dan bisquare, sebagai contoh salah satu lokasi amatan yang ada di Jawa tengah yaitu Kabupaten Cilacap, model sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{Cilacap.Gauss} = 7,348960414 + 0,4055466X_1 \\ + 1,1075984X_2 + 1,177577X_3 \\ + 0,0010194139X_4$$

$$\hat{Y}_{Cilacap.Bisq} = 5.6478325 + 0.4244521X_1 \\ + 1.0620703X_2 + 1.304242X_3 \\ + 0.0010147800X_4$$

4. Model terbaik antara model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot kernel gaussian dan model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan pembobot kernel bisquare ditentukan oleh nilai R^2 dan AIC. Nilai R^2 yang diperoleh pada kernel gaussian sebesar 0,999814 dan nilai AIC yang diperoleh sebesar -71,08031. Sedangkan nilai R^2 yang diperoleh pada kernel bisquare sebesar 0,9994055 dan nilai AIC yang diperoleh sebesar -37,22102. Nilai R^2 terbesar dan nilai AIC terkecil dimiliki oleh model GWR dengan kernel gaussian. Sehingga model GWR dengan kernel gaussian lebih baik daripada model GWR dengan kernel bisquare untuk pemodelan pada Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah pada tahun 2021.

6.2 Saran

1. Peneliti menggunakan regresi spasial dengan pendekatan titik yaitu *Geographically Weighted Regression* (GWR), dengan penambahan faktor lain dalam penelitian selanjutnya memungkinkan model regresi spasial dengan pendekatan titik lainnya, seperti *Geographically Weighted Poisson Regression*

(GWPR) atau *Geographically Weighted Logistic Regression* (GWLR), dan masih banyak lainnya.

2. Penelitian ini pembobot yang digunakan adalah fungsi pembobot kernel gaussian dan fungsi pembobot kernel bisquare, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan fungsi pembobot yang lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Alghifari. 2000. *Analisis Regresi Teori, Kasus, dan Solusi*. Yogyakarta: BPFE
- Anselin, L. Griffith, D.A. 1988. *Do Spatial Effects Really Matter in Regression Analysis. Papers in Regional Science*, 65: 11-34. doi: 10.1111/j.1435-5597.1988.tb01155.x.
- Arisman. 2018. *Determinant of Human Development Index in ASEAN Countries. Jurnal Ilmu Ekonomi*. Vol. 7 (1) hal 113-122 P-ISSN: 2087 – 2046. E-ISSN : 2467 – 9223
- Azkiyah, A. 2016. *Pemodelan Regresi Spasial Untuk Analisis Faktor-Faktor Jumlah Penduduk Miskin. Unnes Journal of Mathematics* 5 (1): 1-10
- Budianto, Eko. 2010. *Sisitem Informasi Geografis dengan Arc View GIS*. Yogyakarta: Andi Offset
- Caraka, Rezzy Eko. Yasin, Hasbi. 2017. *Geographically Weighted Regression (GWR); Sebuah Pendekatan Regresi Geografis*. Yogyakarta: Mobius
- Cressie, N. A. C. 1993. *Statistics for Spatial Data. Wiley Series in Probability and Statistics*. ISBN:9781119115151.

- Draper, Smith. (1992). *Applied Regression Analysis*. Edisi kedua. Diterjemahkan oleh: Sumantri. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Fotheringham, A.S. Brundson, C. Charlton, M. 2000. *Geographically Weighted Regression: Analysis of Spatially Varying Relationship*. John Wiley and Sons Ltd: England.
- Kurniawan, I. 2017. Model Regresi Poisson Terbaik Menggunakan Zero-Inflated Poisson (ZIP) dan Zero-Inflated Negative Binomial (Zinb). *Unnes Journal of Mathematics* 5(1):1-10
- Lin, C.H. dan Wen, T.H. 2011. Using Geographically Weighted Regression (GWR) to Explore Spatial Varying Relationship of Immature Mosquitoes and Human Densities with the Incidence of Dengue. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8: 2798-2815
- Qodratullah, M. F. 2013. *Analisis Regresi Terapan Teori, Contoh Kasus, dan Aplikasi dengan SPSS*. Yogyakarta: Andi Offset
- Rorres, Anton. 2004. *Aljabar Linear Elementer Versi Aplikasi*. Edisi Kedelapan Jilid 1. Jakarta: Erlangga

- Salamah M, Pertiwi L.D. dan Sutikno. 2012. Spatial Durbin Model untuk Mengidentifikasi Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kematian Ibu di Jawa Timur. *Jurnal Sainsda Seni*, 1(1): D165-D170
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Supandi, Epha Diana. _____. *Metode Statistika*. Yogyakarta: UIN SUKA University Press
- Yasin, Hasbi; Hakim, Arief Rachman; Warsito, Budi. 2017. *Regresi Spasial (Aplikasi dengan R)*. Pekalongan: WADE Group

