

**PERBANDINGAN GENERALIZED ADDITIVE  
MODEL (GAM) DAN GEOGRAPHICALLY  
WEIGHTED REGRESSION (GWR) PADA  
PEMODELAN INVESTASI DAERAH DI  
PROVINSI JAWA TENGAH**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna  
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika Dalam Ilmu  
Matematika



Oleh :

**Erlin Pujiwati Ningsih**

NIM : 1908046037

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG  
2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Erlin Pujiwati Ningsih  
NIM : 1908046037  
Jurusan : Matematika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**PERBANDINGAN GENERALIZED ADDITIVE MODEL  
(GAM) DAN GEOGRAPHICALLY WEIGHTED  
REGRESSION (GWR) PADA PEMODELAN INVESTASI  
DAERAH DI PROVINSI JAWA TENGAH**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 30 Mei 2023

Penulis



**Erlin Pujiwati Ningsih  
NIM : 1908046037**



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Prof. Dr. Hamka Ngallyan Semarang  
Telp.024-7601295 Fax.7615387

#### PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Perbandingan Generalized Additive Model (GAM) dan Geographically Weighted Regression (GWR) pada Pemodelan Investasi Daerah di Provinsi Jawa Tengah**

Penulis : **Erlin Pujiwati Ningsih**

NIM : **1908046037**

Jurusan : **Matematika**

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Matematika.

Semarang, 19 Juni 2023

#### DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang,

Sekretaris Sidang,

**Seftina Diah Miasary, M.Sc.**      **Emy Siswanah, M.Sc**  
NIP : 198709212019032012      198702022011012014

Penguji Utama I,

Penguji Utama II,

**Eva Kholim Nisa, M.Si**      **Rumadlastri, M.Sc**  
NIP : 198701022019032012      198107152005012008

Pembimbing I,

Pembimbing II,

**Emy Siswanah, M.Sc**  
NIP : 198702022011012014

**Dr. Hj. Minhayat Saleh, M.Sc**  
NIP : 1976026006042001



## NOTA DINAS

Semarang, 30/05/2023

Yth. Ketua Program Studi Matematika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang

*Assalamu'alaikum. wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Perbandingan Generalized Additive Model (GAM) dan Geographically Weighted Regression (GWR) pada Pemodelan Investasi Daerah di provinsi Jawa Tengah**

Nama : **Erlin Pujiwati Ningsih**

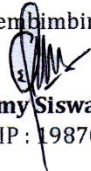
NIM : 1908046037

Jurusan : Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqsyah.

*Wassalamu'alaikum. wr. wb.*

Pembimbing I,



**Emy Siswanah, M.Sc**

NIP : 198702022011012014

## NOTA DINAS

Semarang, 30/05/2023

Yth. Ketua Program Studi Matematika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang

*Assalamu'alaikum. wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Perbandingan Generalized Additive Model (GAM) dan Geographically Weighted Regression (GWR) pada Pemodelan Investasi Daerah di provinsi Jawa Tengah**

Nama : **Erlin Pujiwati Ningsih**

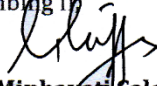
NIM : 1908046037

Jurusan : Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqsyah.

*Wassalamu'alaikum. wr. wb.*

Pembimbing I



**Dr. Hj. Minhayati Saleh, M.Sc**

NIP : 1976026006042001

## ABSTRAK

**Judul** : **Perbandingan Generalized Additive Model (Gam) Dan Geographically Weighted Regression (Gwr) Pada Pemodelan Investasi Daerah Di Provinsi Jawa Tengah**

**Penulis** : **Erlin Pujiwati Ningsih**

**NIM** : **1908046037**

Investasi merupakan salah satu hal yang fundamental bagi pertumbuhan ekonomi daerah. Investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2019 - 2021 relatif mengalami penurunan. Oleh karena itu, perlu dikaji bagaimana pemodelan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah. Dalam penelitian ini menggunakan pemodelan menggunakan *Generalized Additive Model* (GAM) karena dapat memodelkan hubungan yang nonlinear antara variabel prediktor dengan variabel respon sedangkan *Geographically Weighted Regression* (GWR) karena diduga investasi daerah terdapat aspek spasial. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dari BPS Jawa Tengah. Data investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2019 - 2021 dianalisis dengan melakukan pemodelan menggunakan *Generalized Additive Model* dan *Geographically Weighted Regression* kemudian dibandingkan metode terbaik yang digunakan dalam memodelkan investasi daerah. Hasil dari penelitian ini didapatkan masing - masing model dari investasi daerah di provinsi Jawa tengah yaitu untuk model GAM persamaannya adalah  $Y = 13,51 + f(X_1) + f(X_4)$  dan untuk GWR salah satu model persamaannya adalah  $Y = -101564,41 + 0,08178X_1$ . Dan didapatkan bahwa model *Generalized Additive Model* menghasilkan nilai AIC sebesar 3018,639 dan nilai AIC dari *Geographically Weighted Regression* sebesar 3331,401. Sehingga model terbaik yang

digunakan dalam memodelkan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah adalah *Generalized Additive Model*.

***Kata Kunci*** : *Generalized additive model, Geographically Weighted Regression, AIC, Investasi daerah*

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang, segala puji dan syukur kita panjatkan kepada Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Perbandingan *Generalized Additive Model* dan *Geographically Weighted Regression* pada Pemodelan Investasi Daerah di Provinsi Jawa Tengah". Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW yang telah menuntun umatnya dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang.

Tujuan penyelesaian skripsi ini untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana bagi mahasiswa program S-1 di program studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam



penyusunan skripsi ini hingga selesai dan ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Bapak Dr. H. Ismail, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang
2. Ibu Emy Siswanah, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Matematika UIN Walisongo Semarang dan selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan arahan, saran serta bimbingan yang sangat berharga dalam proses penyelesaian skripsi.
3. Bapak Aunur Rohman, M.Pd., selaku sekretaris jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
4. Ibu Dr. Hj. Minhayati Shaleh, M.Sc., selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan arahan, saran serta bimbingan yang sangat berharga dalam proses penyelesaian skripsi.
5. Bapak Agus Wayan Yulianto, M.Sc., selaku dosen wali yang memberikan bimbingan dan arahan selama masa studi.
6. Kedua orang tua tercinta saya Bapak Abdul Azis dan Ibu Norsih yang telah senantiasa memberikan dukungan baik moril maupun materiil, serta do'a dan kasih sayang yang luar biasa sehingga dapat terselesaikan kuliah dan skripsi ini.

7. Bapak dan ibu dosen pengampu mata kuliah selama penulis menempuh pendidikan di UIN Walisongo Semarang
8. Teman – teman terdekat penulis terutama Tamara Silfa Bilqis yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat dari jauh kepada penulis sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.

Semarang, 30 Mei 2023

Penulis,



Erlin Pujiwati Ningsih

NIM. 1908046037

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>NOTA DINAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>NOTA DINAS.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan Penelitian .....	7
D. Manfaat Penelitian.....	8
E. Batasan Masalah.....	8
<b>BAB II LANDASAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
A. Kajian Teori.....	9
B. Kajian Penelitian Yang Relevan .....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>37</b>
A. Jenis Penelitian.....	37

B.	Sumber Data .....	37
C.	Definisi Operasional Variabel .....	37
D.	Teknik Analisis Data .....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>41</b>
A.	Statistika Deskriptif .....	41
B.	Hubungan Antara Variabel Respon dan Variabel Prediktor.....	42
C.	Uji Multikolinearitas.....	46
D.	Uji Kecocokan Distribusi Data.....	47
E.	Pemodelan Investasi Daerah di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Generalized Additive Model.....	49
F.	Uji Aspek Data Spasial .....	53
G.	Pemodelan Investasi Daerah di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Geographically Weighted Regression..	54
H.	Pemilihan Model Terbaik.....	66
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>67</b>
A.	Kesimpulan.....	67
B.	Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>69</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>		<b>74</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>		<b>104</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1	Matriks yang digunakan untuk mendefinisikan regresi spline kubik dengan $h_i = x_{i+1} - x_i$	20
Tabel 3.1	Variabel Penelitian	38
Tabel 4.1	Statistika Deskriptif	41
Tabel 4.2	Nilai dari Pengujian <i>Ramsey's Reset Test</i>	45
Tabel 4.3	Hasil Uji Multikolinearitas	47
Tabel 4.4	Uji Normalitas Data <i>Kolmogorov Smirnov</i>	48
Tabel 4.5	Nilai Statistik Distribusi dari Investasi Daerah	48
Tabel 4.6	Hasil dari <i>Generalized Additive Model</i>	50
Tabel 4.7	Koefisien $b_i(x_1)$ dan $b_i(x_4)$	51
Tabel 4.8	Uji Aspek Spasial <i>Breusch Pagan</i>	53
Tabel 4.9	Fungsi Kernel Matriks Pembobot Model GWR	54
Tabel 4.10	Estimasi Parameter Model GWR	56
Tabel 4.11	Model GWR dari Estimasi Parameter	57
Tabel 4.12	Uji Kesesuaian Model	60
Tabel 4.13	Uji Parameter Model	61
Tabel 4.14	Model GWR Berdasarkan Variabel yang Berpengaruh	64
Tabel 4.15	Perbandingan Nilai AIC Model	66

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian	40
Gambar 4.1	Scatterplot antara PDRB Terhadap Investasi Daerah	43
Gambar 4.2	Scatterplot antara Belanja Modal Terhadap Investasi Daerah	43
Gambar 4.3	Scatterplot antara Pendapatan Asli Daerah Terhadap Investasi Daerah	44
Gambar 4.4	Scatterplot antara Pengeluaran Pemerintah Terhadap Investasi Daerah	44
Gambar 4.5	Plot $f(X_1)$	52
Gambar 4.6	Plot $f(X_4)$	52
Gambar 4.7	Pemetaan Variabel yang Berpengaruh Berdasarkan Lokasi	63

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data Penelitian Investasi Daerah di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2019-2021	74
Lampiran 2	<i>Syntax</i> dan Output Rstudio dalam Uji Linearitas	84
Lampiran 3	<i>Syntax</i> dan Output Rstudio dalam Uji Multikolinearitas	85
Lampiran 4	<i>Syntax</i> dan Output Rstudio dalam Uji Normalitas	85
Lampiran 5	Scatterplot antara Pengeluaran Pemerintah Terhadap Investasi Daerah Output Menggunakan Easyfit	86
Lampiran 6	<i>Syntax</i> dan Output <i>Generalized Additive Model</i>	86
Lampiran 7	<i>Syntax</i> dan Output Uji Heterogenitas Spasial	88
Lampiran 8	<i>Syntax</i> dan Output <i>Geographically Weighted Regression</i>	88
Lampiran 9	Jarak Euclid antar Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah	102
Lampiran 10	Nilai Pembobot antar Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah	103

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pada umumnya, perkembangan suatu daerah dapat dinilai dari perkembangan pembangunan ekonominya. Dimana pembangunan ekonomi di suatu daerah merupakan ide perencanaan pembangunan ekonomi di suatu daerah yang melibatkan pemerintah yang ada di daerah beserta masyarakat sekitarnya. Tujuannya adalah untuk mengalokasikan potensi yang berasal dari daerah tersebut dalam jangka waktu yang panjang untuk perkembangan pembangunan ekonomi daerah. Untuk mengetahui kemajuan pembangunan ekonomi daerah atas dasar pembangunan ekonomi dapat dilihat dari suatu nilai yang dinamakan dengan indeks pertumbuhan ekonomi daerah. Indeks ini salah satu aspek penting karena pertumbuhan ekonomi di suatu daerah merupakan bagian dari pembangunan ekonomi (Khoiri, Syapsan & Kornita, 2020).

Investasi merupakan salah satu hal yang fundamental bagi pertumbuhan ekonomi karena dengan investasi akan membantu perkembangan ekonomi di suatu daerah. Investasi ini berguna untuk memulihkan perekonomian dan dapat mendukung pembangunan ekonomi daerah. Pembangunan



ekonomi daerah dapat didukung dengan berbagai cara, salah satunya pemerintah daerah harus merumuskan suatu kebijakan yang dapat mendukung investasi baik dari pemerintah daerah, sektor swasta, maupun masyarakat agar saling menguntungkan (Siregar, 2016).

Berdasarkan data Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPTSP) Provinsi Jawa Tengah (2022), pada tahun 2019 investasi nyata di Jawa Tengah sebesar Rp59,50 triliun. Sedangkan pada tahun 2020 investasi nyata di Jawa Tengah sebesar Rp50,24 triliun. Dan pada tahun 2021 investasi nyata di Jawa Tengah sebesar Rp52,71 triliun.

Dari data diatas terlihat bahwa dari tahun 2019 ke tahun 2020 terjadi penurunan sebesar Rp9,26 triliun. Kemudian dari tahun 2020 ke tahun 2021 terjadi kenaikan hanya sebesar Rp2,47 triliun. Dengan demikian dari tahun 2019 sampai tahun 2021 nilai investasi relatif mengalami penurunan. Dan pada tahun 2020 terjadi penurunan nilai investasi yang signifikan. Penurunan tersebut terjadi karena akibat dari pandemi. Penurunan investasi yang cukup signifikan tersebut dapat dikatakan sebagai kondisi atau fenomena ekonomi yang berdampak pada setiap wilayah di Provinsi Jawa Tengah. Oleh karena itu, perlu dikaji bagaimana pemodelan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah dalam menentukan faktor

berpengaruh terhadap investasi daerah sehingga dapat dijadikan rujukan untuk meningkatkan investasi daerah tersebut.

Pemodelan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah dapat menggunakan metode statistik yang disebut dengan analisis regresi. Analisis regresi digunakan untuk memodelkan, memprediksi dan mengevaluasi hubungan antara variabel prediktor dengan variabel respon. Dalam penerapan model analisis regresi diharapkan dapat menganalisis data secara cepat dan akurat.

Regresi yang biasa digunakan adalah regresi linear. Regresi linear membutuhkan beberapa asumsi yang harus dipenuhi. Namun dalam beberapa kasus, terdapat asumsi yang tidak dipenuhi dalam data yang akan digunakan. Oleh karena itu diperlukan suatu cara untuk mengatasi masalah tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut maka Nelder dan Wedderburn (1972) menciptakan suatu metode yang disebut *Generalized Linear Model* (GLM). GLM ini merupakan pengembangan dari metode regresi linear. Namun GLM ini tidak hanya mengikuti asumsi dari regresi linear yaitu asumsi data berdistribusi normal. Sedangkan distribusi yang digunakan dalam metode ini adalah distribusi keluarga eksponensial yang meliputi distribusi normal, poisson, binomial, dan gamma (Jeong dan Valdez, 2020). Akan tetapi dalam GLM variabel prediktornya

harus linear. Apabila variabel prediktor tidak linear/nonlinear maka dapat diselesaikan dengan metode *Generalized Additive Model* (GAM) (Djeundje dan Crook, 2019). Untuk mengatasi adanya hubungan yang nonlinear dapat dilakukan dengan mengganti variabel prediktor dengan fungsi penghalus (Peluso, Vinciotti dan Yu, 2019). Oleh karena itu GAM memiliki fleksibilitas model yang lebih tinggi dibandingkan model lainnya karena hanya mengasumsikan bahwa variabel respon masuk ke dalam keluarga eksponensial dan variabel prediktornya tidak harus linear (Adamec dan Drápela, 2015).

Tidak hanya itu, jika variabel prediktornya juga dipengaruhi oleh faktor geografis maka model tersebut dapat dikatakan terdapat efek spasial (Dzikrina dan Purnami, 2013). Untuk menganalisis suatu data yang memiliki efek spasial dapat menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) karena metode GWR untuk data yang terhubung secara spasial (Yellow Horse, Yang & Huyser, 2022). Metode ini mempunyai nilai parameter yang menghubungkan variabel prediktor dan variabel respon kemudian dilakukan serangkaian regresi lokal pada setiap pengamatan (Ren *et al.*, 2020). Kunci dari metode ini adalah matriks pembobot spasial yang merepresentasikan hubungan spasial pada setiap titik lokasi yang diamati. Dan metode ini terbukti efektif dalam

memodelkan hubungan spasial dalam beberapa dekade terakhir (Du *et al.*, 2020).

Terdapat beberapa penelitian yang mengkaji metode *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Geographically Weighted Regression* (GWR). Penelitian yang telah dilakukan Nainggolan *et al.* (2017) yang membandingkan metode GAM dan GLM mengenai penerapan metode tersebut terhadap rata-rata lama sekolah Provinsi Jawa Tengah, dengan hasil bahwa metode GAM lebih baik dibandingkan dengan metode GLM dan model linear. Lohmann dan Ohliger (2019) yang membandingkan model GLM dan GAM terhadap total biaya kesalahan klasifikasi dalam penilaian kredit dengan hasil bahwa model GAM lebih dapat mengurangi tingkat kesalahan klasifikasi dan total biaya yang ditimbulkan. Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Laanaya *et al.* (2017) yang memodelkan temperatur air dengan membandingkan metode *Generalized Additive Model*, regresi logistik, dan model regresi linear. Hasil dari penelitian tersebut yaitu *Generalized Additive Model* yang lebih baik.

Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Yusuf *et al.* (2020) yang memodelkan tingkat kriminalitas pada tahun 2017 di Provinsi Jawa Timur dengan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR). Penelitian tersebut membandingkan metode GWR dan OLS dengan hasil metode

GWR lebih baik daripada dengan metode OLS. Kemudian penelitian juga telah dilakukan oleh Dzikrina dan Purnami (2013) yang memodelkan nilai prevelansi kusta dan faktor-faktor yang mempengaruhi di Jawa Timur dengan membandingkan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dan regresi linear berganda dengan hasil model GWR yang lebih baik daripada model regresi linear berganda. Dan Fang *et al.* (2015) yang memperkirakan dampak urbanisasi pada kualitas udara di Cina menggunakan model regresi spasial. Model yang digunakan adalah model OLS, model lag spasial (SAR) dan GWR. Dan hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa model GWR lebih baik dibandingkan dengan model OLS dan model lag spasial (SAR).

Dalam penelitian ini akan membahas tentang investasi daerah di Provinsi Jawa tengah dimana data yang akan digunakan belum diketahui apakah data tersebut memenuhi asumsi dari regresi linear sehingga metode yang digunakan adalah *Generalized Additive Model* (GAM). Dan investasi daerah juga diduga terdapat aspek spasial karena terdapat penelitian yang dilakukan oleh Susila, Putri & Arini (2020) yang menyatakan bahwa investasi luar negeri antar provinsi yang ada di Indonesia terdapat aspek spasial. Sehingga pemodelan investasi daerah ini dapat menggunakan metode lain yang berkaitan dengan aspek wilayah. Metode tersebut adalah

*Geographically Weighted Regression* (GWR). Oleh karena itu peneliti tertarik membuat penelitian yang berjudul “Perbandingan *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Geographically Weighted Regression* (GWR) pada pemodelan Investasi Daerah di Provinsi Jawa Tengah.”

## **B. Rumusan Masalah**

Sesuai dengan latar belakang yang telah diuraikan pada A., maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pemodelan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah menggunakan metode GAM?
2. Bagaimana pemodelan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah menggunakan metode GWR?
3. Apa metode terbaik yang digunakan dalam pemodelan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah?

## **C. Tujuan Penelitian**

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah diuraikan pada B., maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pemodelan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah menggunakan metode GAM.
2. Mengetahui pemodelan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah menggunakan metode GWR.

3. Mengetahui metode terbaik yang digunakan dalam pemodelan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat memberikan suatu gambaran penggunaan metode *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Geographically Weighted Regression* (GWR) terhadap investasi daerah di Provinsi Jawa tengah.
2. Dapat memberikan suatu informasi kepada pihak Pemerintah Daerah Provinsi Jawa tengah yang memiliki keterkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi investasi daerah menggunakan metode *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Geographically Weighted Regression* (GWR) sehingga dapat membantu dalam menaikkan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah.

#### **E. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data investasi daerah di kota/kabupaten di Provinsi Jawa Tengah dari Tahun 2019-2021.
2. Penelitian ini menggunakan data yang berdistribusi keluarga eksponensial dan titik knot  $k = 10$ .

## BAB II

### LANDASAN PUSTAKA

#### A. Kajian Teori

##### 1. Regresi Linear

Menurut Harlan (2018) regresi linear merupakan metode statistik yang digunakan untuk memperoleh model hubungan yang linear antara satu variabel respon dengan satu atau lebih variabel prediktor. Variabel prediktor merupakan variabel yang menjadi sebab terjadinya perubahan pada variabel respon. Sedangkan variabel respon merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat adanya variabel prediktor. Jika hanya menggunakan satu variabel prediktor dalam model maka disebut dengan regresi linear sederhana. Sedangkan jika yang digunakan lebih dari satu variabel prediktor maka disebut dengan regresi linear berganda. Model persamaan regresi linear berganda adalah sebagai berikut.

$$y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.1)$$
$$i = 1, 2, 3, \dots, n; k = 1, 2, 3, \dots, p$$



Dengan :

- $y_i$  : nilai variabel respon ke- $i$  yang diamati  
 $x_{ik}$  : nilai pengamatan ke- $i$  dan variabel prediktor ke- $k$   
 $\beta_0$  : nilai konstanta model regresi  
 $\beta_k$  : koefisien regresi variabel prediktor ke- $k$   
 $\varepsilon_i$  : error pada pengamatan ke- $i$

## 2. Regresi Nonlinear

Regresi nonlinear merupakan metode statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan yang tidak linear antara variabel respon dan variabel prediktor. Menurut Montgomery, Peck dan Vining (2012) regresi nonlinear merupakan hubungan antara variabel prediktor dengan variabel respon seperti halnya persamaan diferensial dengan solusi persamaan diferensial, dimana persamaannya bentuknya nonlinear. Dan setiap model yang tidak linear dengan parameter yang tidak diketahui disebut regresi nonlinear. Bentuk persamaan model regresi nonlinear adalah sebagai berikut.

$$y_i = f(x_i, \theta) + \varepsilon_i$$

Dengan :

- $y_i$  : nilai variabel respon ke- $i$   
 $x_i$  : nilai variabel prediktor ke- $i$   
 $\theta$  : parameter yang tidak diketahui  
 $f(x_i, \theta)$  : fungsi regresi dengan parameter  $\theta$

### 3. Uji Asumsi Klasik

Uji asumsi klasik merupakan analisis yang dilakukan untuk menilai apakah di dalam sebuah model regresi linear terdapat masalah – masalah asumsi klasik (Mardiatmoko, 2020). Jika terjadi masalah terhadap asumsi klasik maka model regresi linear tidak dapat digunakan. Karena dalam memodelkan menggunakan analisis regresi, dibutuhkan asumsi - asumsi yang wajib dipenuhi. Jika asumsi terpenuhi maka akan menghasilkan model yang memiliki estimator parameter tidak bias yaitu nilai rata – rata dari parameter sama dengan nilai parameter yang sebenarnya. Untuk mengetahui asumsi apa saja yang terpenuhi dan tidak terpenuhi maka dilakukan uji asumsi klasik sebagai berikut.

#### a. Uji Normalitas

Suatu data dapat dikatakan berdistribusi normal atau tidak jika dilakukan suatu uji yang dinamakan dengan uji normalitas. Statistik uji yang biasa digunakan adalah *Kolmogorof-Smirnov* . Kinerjanya adalah membandingkan dua buah sebaran data (Kartika dan Kholijah, 2020). Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut.

$H_0$  :  $F(X) = F_0(X)$  (Data berdistribusi normal)

$H_1$  :  $F(X) \neq F_0(X)$  (Data tidak berdistribusi normal)

Statistik uji

$$D = |S(X) - F_0(X)| \quad (2.2)$$

Dengan

$S(X)$  : distribusi kumulatif data sampel

$F_0(X)$  :distribusi kumulatif dari distribusi yang dihipotesiskan

Apabila  $|D| > q$ , dimana  $q$  merupakan nilai dari tabel *Kolmogorov - Smirnov* atau  $p - value < \alpha$ , dengan  $\alpha = 0.05$  maka  $H_0$  ditolak sehingga data tidak berdistribusi normal.

#### b. Uji Linearitas

Uji linearitas dilakukan untuk mengetahui korelasi yang linear antara variabel prediktor dengan variabel respon. Uji Ramsey's reset salah satu statistik uji yang digunakan dalam pengujian ini, dengan hipotesis sebagai berikut :

$H_0$  : model linear

$H_1$  : model tidak linear

Langkah - Langkah yang dilakukan untuk melakukan pengujian ini menurut Suhartono (2008) adalah sebagai berikut.

- 1) Membentuk model regresi sesuai dengan persamaan 2.1 sehingga terbentuk pendugaan dari variabel respon ( $\hat{y}_i$ ) yaitu

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.3)$$

Setelah itu hitung koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan dinotasikan dengan  $R_{old}^2$

- 2) Membentuk model regresi sesuai dengan persamaan 2.1 dan 2 prediktor tambahan yaitu  $\hat{y}_i^2$  dan  $\hat{y}_i^3$  sehingga modelnya menjadi :

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \alpha_1 \hat{y}_i^2 + \alpha_2 \hat{y}_i^3 \quad (2.4)$$

Setelah itu hitung koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan dinotasikan dengan  $R_{new}^2$

- 3) Menghitung nilai dari statistik uji F dengan rumus sebagai berikut

$$F = \frac{\frac{R_{new}^2 - R_{old}^2}{m}}{\frac{1 - R_{new}^2}{n - p - m}} \quad (2.5)$$

Dengan

$R_{old}^2$  : koefisien determinasi awal

$R_{new}^2$  : koefisien determinasi akhir

$m$  : banyaknya prediktor tambahan

$p$  : banyaknya prediktor awal

$n$  : banyaknya pengamatan

Jika nilai  $F > F_{\alpha; (df_1=m, df_2=n-p-1-m)}$  atau  $p - value < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak.

#### b. Uji Multikolinearitas

Multikolinearitas merupakan hubungan linear antar variabel prediktor. Untuk mengetahui variabel - variabel prediktor apakah saling berhubungan atau tidak jika dilakukan suatu uji yang dinamakan uji multikolinearitas. Untuk melakukan uji multikolinearitas ini, statistik uji yang tepat

adalah menggunakan *Variance Inflation Factor(VIF)* (Sugiarto dan Arsyadana, 2015). Untuk menghitung nilai *VIF* dapat menggunakan rumus berikut ini.

$$VIF = \frac{1}{1-R_k^2} \quad (2.6)$$

Dengan  $R_k^2$  merupakan nilai koefisien determinasi variabel prediktor ke - k . Dilihat dari nilai *VIF*, apabila nilai *VIF* > 10 maka data tersebut menyatakan bahwa terdapat hubungan antar variabel prediktornya.

#### c. Uji Heteroskedastisitas

Heteroskedastisitas merupakan varian variabel error yang tidak sama. Untuk mengetahui apakah terdapat heteroskedastisitas atau tidak dapat menggunakan uji heteroskedastisitas. *Breusch Pagan* merupakan statistik uji yang digunakan dalam pengujian ini, dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0$  : tidak terdapat heteroskedastisitas

$H_1$  : terdapat heteroskedastisitas

Langkah - Langkah yang harus dilakukan untuk melakukan pengujian ini adalah sebagai berikut.

1) Melakukan analisis regresi sehingga memperoleh nilai

error dan menghitung  $\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i}{n}$

- 2) Membuat variabel respon baru  $p_i$  dan mencari nilai  $p_i$  dengan  $p_i = \frac{\varepsilon_i^2}{\sigma_i^2}$  kemudian regresikan kembali dengan variabel prediktor yang sama
- 3) Mendapatkan nilai ESS (*Explained Sum of Square*) dan menghitung statistik uji  $\phi = \frac{1}{2}ESS \sim \chi_{hitung}^2$
- 4) Kemudian hasilnya dibandingkan dengan  $\chi_{hitung}^2$  dengan  $\chi_{(\alpha, df=k)}^2$ .  $H_0$  ditolak jika  $\chi_{hitung}^2 > \chi_{(\alpha, df=k)}^2$  atau  $p\text{-value} < \alpha$ .

#### d. Uji Autokorelasi

Autokorelasi merupakan korelasi antara variabel gangguan satu dengan yang lainnya. Uji autokorelasi digunakan jika terdapat autokorelasi pada error/variabel gangguan (Kartika dan Kholijah, 2020). Uji ini menggunakan statistik uji Durbin-Watson, dengan hipotesisnya adalah sebagai berikut .

$H_0 : \rho = 0$  (tidak ada autokorelasi)

$H_1 : \rho \neq 0$  (terdapat autokorelasi)

Dengan  $\rho$  merupakan koefisien korelasi sehingga statistik uji yang digunakan adalah :

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^p (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{e=1}^p e_i^2} \quad (2.7)$$

Untuk kasus uji dua arah, kriteria uji Durbin Watson diantaranya yaitu :

- 1) Jika  $DW < d_L$  maka  $H_0$  ditolak
- 2) Jika  $DW > 4 - d_L$  maka  $H_0$  ditolak
- 3) Jika  $d_U < DW < d_L$  maka  $H_0$  diterima
- 4) Jika  $d_L \leq DW \leq d_U$  maka tidak dapat ditarik suatu kesimpulan

Dengan :

$DW$  : nilai yang didapat dari uji Durbin-Watson

$d_L$  : batas bawah yang diperoleh dari tabel Durbin-Watson

$d_U$  : batas atas yang diperoleh dari tabel Durbin-Watson

$n$  : banyaknya observasi yang dilakukan

#### **4. Generalized Linear Model (GLM)**

GLM merupakan suatu model dimana model ini dikembangkan dari model regresi linear. Model ini memiliki asumsi variabel prediktor linear dan distribusi dari variabel respon masuk ke dalam distribusi keluarga ekponensial. Sebuah variabel respon dikatakan masuk ke dalam distribusi keluarga eksponensial jika memiliki bentuk sebagai berikut.

$$f(y) = \exp \left[ \frac{\{y\theta - b(\theta)\}}{a(\phi)} + c(y, \phi) \right]$$

Dengan  $a, b, c$  merupakan suatu fungsi dan jika  $\phi$  diketahui maka masuk ke dalam distribusi keluarga eksponensial dengan parameter kanonik  $\theta$  (McCullagh dan Nelder, 1989)

Menurut Jamilatuzzahro, Herliansyah dan Caraka (2018) GLM memiliki 3 komponen, diantaranya sebagai berikut :

- a. Variabel respon dimana  $y_1, y_2, \dots, y_n$  dengan rata - rata  $E(y_i) = \mu_i$ . Variabel ini diasumsikan ke dalam distribusi keluarga eksponensial yang meliputi distribusi normal, poisson, binomial, gamma, atau invers gaussian.
- b. Sekumpulan parameter  $\beta_{p \times 1}$  dan variabel prediktor

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix} \text{ dan } x_i = \begin{bmatrix} 1 \\ x_{i1} \\ \vdots \\ x_{in} \end{bmatrix}$$

- c. Fungsi link monoton  $g(\cdot)$  yang menggambarkan distribusi dari variabel respon. Sedemikian sehingga  $g(\mu_i) = \eta_i = \sum_m x_{im} \beta_m = x_i^T \beta$ , dengan  $\mu_i = E(Y_i)$   
Maka model *Generalized Linear Model* adalah sebagai berikut.

$$g(\mu_i) = X_i^T \beta \quad (2.8)$$

dengan :

$g$  : fungsi penghubung khusus yang menggambarkan distribusi dari variabel respon

$X_i$  : variabel prediktor ke- $i$

$\beta$  : parameter yang tidak diketahui



## 5. *Generalized Additive Model (GAM)*

### a. Definisi *Generalized Additive model (GAM)*

*Generalized Additive Model (GAM)* merupakan pengembangan dari model regresi linear dimana komponen prediktornya digantikan dengan jumlahan dari fungsi penghalus (Hastie dan Tibshirani, 1990). GAM digunakan jika variabel prediktornya nonlinear dan distribusi dari variabel responnya mengikuti distribusi keluarga eksponensial. Secara umum, bentuk persamaan GAM adalah sebagai berikut :

$$Y_i = g(\mu_i) = \alpha + \sum_{j=1}^p f_j(X_j) \quad (2.9)$$

Dimana  $\mu_i \equiv E(Y_i) \sim EF(\mu_i, \phi)$

Dengan :

$Y_i$  : Variabel respon

$\alpha$  : Konstanta

$f_j$  : Fungsi penghalus

### b. Fungsi Penghalus

Menurut Jamilatuzzahro, Herliansyah dan Caraka (2018), fungsi penghalus merupakan sebuah fungsi yang digunakan untuk memendekkan jika terdapat trend pada variabel respon  $Y$  sebagai fungsi dari variabel-variabel prediktor  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . Kegunaan fungsi ini adalah untuk mempermudah jika melihat trend pada *scatterplot* yang diperoleh dari variabel respon ( $Y$ ) dan variabel prediktor ( $X$ ). (Hastie dan Tibshirani, 1990) membahas tentang macam-

macam fungsi penghalus pada scatterplot. Salah satunya adalah penghalus spline yang merupakan solusi dari :

$$S(x) = \sum_{i=1}^n (Y_i - f(x))^2 + \lambda \int (f''(x))^2 dx$$

Dengan  $\lambda$  merupakan parameter penghalus dengan interval  $0 < \lambda < 1$ . Nilai  $\lambda$  yang semakin besar akan menghasilkan kurva yang semakin mulus, begitu juga sebaliknya jika nilai  $\lambda$  semakin kecil maka kurva yang dihasilkan akan semakin kasar.

### c. Regresi Kubik Splines

Regresi kubik splines merupakan salah satu jenis spline yang dapat digunakan untuk menduga fungsi penghalus pada model GAM. Misalkan model  $Y = f(x) + \epsilon$  maka secara umum fungsi *cubic splines* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f(x) \approx \sum_{i=1}^k b_k(x)\beta_k \quad (2.10)$$

Dengan

- $n$  : banyaknya knot
- $b_k(x)$  : fungsi basis ke -  $k$  untuk regresi kubik splines
- $\beta_k$  : parameter yang tidak diketahui

Menurut Wood (2017) untuk sebarang fungsi  $f$  yang mempunyai sebuah ekspansi basis seperti pada persamaan 2.10 memungkinkan untuk menulis penalti kekasaran sebagai berikut.

$$\int_{x_1}^{x_k} (f''(x))^2 dx = \beta^T S \beta$$

Dengan

$x_1, \dots, x_k =$  titik knot

$$\beta^T = (\beta_1, \dots, \beta_s)$$

$S =$  matriks koefisien yang diketahui.

Sehingga matriks penalti untuk basis regresi spline kubik ini adalah

$$S = D^T B^{-1} D$$

Dengan  $D$  adalah matriks upper triangular dan  $B$  adalah matriks *symmetric tridiagonal* yang didefinisikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Matriks yang digunakan untuk mendefinisikan regresi spline kubik dengan  $h_i = x_{i+1} - x_i$

Elemen matriks tak nol – spline tak siklik		
$D_{i,i} = 1/h_i$	$D_{i,i+1} = -\frac{1}{h_i} - 1/h_{i+1}$	$D_{i,i+2} = 1/h_{i+1}$
$B_{i,i} = (h_i + h_{i+1})/3$		$i = 1 \dots k - 2$
$B_{i,i+1} = h_{i+1}/6$	$B_{i+1,i} = h_{i+1}/6$	$i = 1 \dots k - 3$

Fungsi regresi spline kubik dapat dituliskan ke dalam bentuk matriks yaitu

$$f = H\beta \quad (2.11)$$

Dengan  $f = (f(x_1), \dots, f(x_n))^T$ ;  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_n)^T$ ; dan  $H_{i,j} = b_i(x_j) = h_i(x_j)$ . Nilai estimasi parameter  $\beta$  pada fungsi mulus  $f$  diperoleh dengan meminimumkan persamaan menjadi

$$S(f) = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 + \lambda \int f''(x)^2$$

Atau dapat dituliskan dalam bentuk matriks seperti berikut

$$S(f) = H(H^T H + \lambda S)^{-1} H^T y$$

Syarat perlu agar persamaan diatas minimum adalah  $\frac{\delta S(f)}{\delta \beta} = 0$ ,

sehingga diperoleh nilai estimasi untuk parameter  $\beta$  yaitu

$$\beta = (H^T H + \lambda S)^{-1} H^T y \quad (2.12)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (2.12) ke persamaan (2.11) maka didapatkan estimasi fungsi penghalus  $f$  regresi spline kusik sebagai berikut

$$f = H(H^T H + \lambda S)^{-1} H^T y$$

Dengan  $S = D^T B^{-1} D$

#### **d. Penalized Iteratif Least Squares (P-IRLS)**

Dalam GAM, perkiraan estimasi menggunakan *penalized likelihood maximization*. Dalam praktiknya digunakan *Penalized Iterative Least Squares* (P-IRLS). Menurut N.Wood (2017) untuk mengestimasi parameter menggunakan PIRLS, tahapannya adalah sebagai berikut.

- 1) Diberikan  $\beta^{[k]}$  yang merupakan vektor parameter yang diestimasi pada iterasi ke-k dan  $\eta_i^{[k]}$  serta  $\mu^{[k]}$  yang merupakan vektor dengan elemen  $\eta_i^{[k]} = X_i \beta^{[k]}$  dan  $\mu_i^{[k]} = g^{-1}(\eta_i^{[k]})$ , dimana  $X_i$  adalah baris ke- $i$  dari matriks

model  $X$  dan  $g^{-1}(\cdot)$  adalah fungsi invers dari link. Menghitung pseudodata  $z^{[k]}$  dengan elemen

$$z_i^{[k]} = g'(\mu_i^{[k]})(y_i - \mu_i^{[k]}) + \eta_i^{[k]}$$

Dan bobot  $W^{[k]}$  dengan elemen

$$W_{ii}^{[k]} = \frac{1}{v(\mu_i^{[k]})g'(\mu_i^{[k]})^2}$$

Dimana  $Z$  adalah variabel respon yang digunakan pada model aditif tergeneralisasi yang telah disesuaikan dengan fungsi link yang bersesuaian dengan distribusi dari variabel respon  $Y$ ;  $W$  adalah matriks diagonal; dan  $var(Y_i) = V(\mu_i^{[k]})\phi$ , dengan  $\phi$  adalah parameter skala yang berubah - ubah.

2) Mendapatkan nilai  $\beta^{[k+i]}$  dengan meminimumkan

$$\left\| \sqrt{W^{[k]}}(z^{[k]} - X\beta) \right\|^2 + \beta^T S\beta$$

Terhadap  $\beta$ . Kenaikan iterasi  $k = k + 1$ , iterasi dilakukan hingga konvergen.

### e. Pemilihan Parameter Penghalus

Parameter penghalus ( $\lambda$ ) merupakan parameter yang digunakan untuk memodelkan *Generalized Additive Model* (GAM). Untuk menentukan parameter penghalus yang optimal maka dibutuhkan suatu indikator untuk memilih parameter yang optimal. Indikatornya berdasarkan *Generalized Cross Validation* (GCV) sebagai berikut.

$$GCV(\lambda) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{y_i - \hat{f}_\lambda(x_i)}{1 - \frac{tr(S_\lambda)}{n}} \right)^2$$

Dengan

$n$  : banyak pengamatan

$y_i$  : variabel respon ke- $i$

$\hat{f}_\lambda(x_i)$  : fungsi prediksi

$s_\lambda$  : matriks penghalus

## 6. Aspek Data Spasial

Suatu data yang berisi informasi berdasarkan lokasi disebut dengan data spasial. Aspek dalam data spasial ini dibagi menjadi 2 yaitu berdasarkan ketergantungan spasial dan heterogenitas spasial. Pada ketergantungan spasial menyatakan suatu hubungan fungsional yang terjadi pada suatu titik dalam suatu ruang. Sedangkan untuk heterogenitas spasial menyatakan adanya faktor geografis yang mempengaruhi sehingga antar wilayah satu dengan yang lain berbeda (Caraka dan Yasin, 2017). Untuk melihat ada atau tidaknya heterogenitas spasial dapat dideteksi dengan statistik uji *Breusch-Pagan* berikut.

Hipotesis :

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2$  (tidak terjadi heterogenitas spasial)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$  (terjadi heterogenitas spasial)

Statistik uji :

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) f^t Z(Z^T Z)^{-1} Z^T I \quad (2.13)$$

Elemen vektor  $f$  adalah  $f_i = \left(\frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1\right)$  dengan  $e_i$  merupakan residu untuk observasi ke  $-i$  dan  $Z$  merupakan matriks berukuran  $n \times (p + 1)$  yang berisi vektor yang sudah distandarisasi untuk setiap observasi. Dan  $H_0$  ditolak jika  $BP > \chi^2(\alpha, p)$  atau  $p - value < \alpha$ .

## 7. Geographically Weighted Regression (GWR)

### a. Definisi Geographically Weighted Regression (GWR)

GWR merupakan metode statistika yang digunakan untuk menganalisis heterogenitas spasial (Fotheringham, Brunson dan Charlton, 2002). Heterogenitas spasial apabila suatu variabel prediktor yang sama namun memberikan perubahan pada variabel respon yang berbeda - beda di setiap wilayah. Model ini menghasilkan penaksir parameter model yang bersifat lokal untuk setiap titik atau lokasi dimana data diamati. Nilai variabel respon yang diperoleh akan bergantung pada variabel prediktor dan lokasi (Caraka dan Yasin, 2017). Bentuk model ini adalah sebagai berikut.

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.14)$$

Dengan

$y_i$  : variabel respon ke  $-i$

- $x_{ik}$  : variabel prediktor ke  $-k$  pada lokasi pengamatan ke  $-i$   
 $\beta_0(u_i, v_i)$  : konstanta pada pengamatan ke  $-i$   
 $(u_i, v_i)$  : koordinat letak geografis dari lokasi pengamatan ke  $-i$   
 $\beta_k(u_i, v_i)$  : nilai variabel prediktor ke  $-k$  pada lokasi pengamatan ke  $-i$   
 $\varepsilon_i$  : error pengamatan

### b. Estimasi Parameter Model GWR

*Weight Least Squares* (WLS) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memperkirakan estimasi parameter dalam model GWR. Metode WLS ini merupakan suatu metode dimana dalam data di setiap lokasi yang diamati diberikan suatu pembobot yang berbeda (Caraka dan Yasin, 2017). Misalkan suatu pembobot di setiap lokasi ke  $-i$  adalah  $w_j(u_i, v_i) = 1, 2, \dots, n$  maka parameter lokasi  $(u_i, v_i)$  yang diestimasi dapat diperoleh adalah berikut.

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) Y \quad (2.15)$$

Berdasarkan persamaan (2.15) maka dapat dibentuk matriks persamaan yaitu :

$$\begin{bmatrix} \beta_0(u_1, v_1) & \beta_1(u_1, v_1) & \beta_2(u_1, v_1) & \cdots & \beta_p(u_1, v_1) \\ \beta_0(u_2, v_2) & \beta_1(u_2, v_2) & \beta_2(u_2, v_2) & \cdots & \beta_p(u_2, v_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_0(u_n, v_n) & \beta_1(u_n, v_n) & \beta_2(u_n, v_n) & \cdots & \beta_p(u_n, v_n) \end{bmatrix} \quad (2.16)$$



### c. Pembobot GWR

Dalam metode GWR dibutuhkan suatu pembobot untuk mewakili suatu data di setiap lokasi. Oleh karena itu pembobot dalam metode GWR sangat penting. Untuk menentukan besar nilai pembobot dalam metode GWR maka dapat ditentukan dengan fungsi kernel, diantaranya yaitu sebagai berikut.

#### 1) Fungsi Kernel Tetap (*Fixed Kernel*)

(*Bandwith*) yang konstan pada setiap lokasi yang diamati. Fungsi kernel tetap dibagi menjadi dua yaitu :

##### a) Fungsi Kernel Tetap *Gaussian*

$$w_j(u_i, v_i) = \exp \left[ \frac{-1}{2} \left( \frac{d_{ij}}{h} \right)^2 \right]$$

##### b) Fungsi Kernel Tetap *Bisquare*

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

##### c) Fungsi Kernel Tetap *Tricube*

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

Dengan  $d_{ij}$  merupakan jarak euclid antara lokasi satu  $(u_i, v_i)$  ke lokasi yang lain  $(u_j, v_j)$  dan  $h$  merupakan parameter penghalus (*bandwith*)

## 2) Fungsi Kernel Adaptive

Parameter penghalus (*bandwith*) dari fungsi kernel ini berbeda di setiap lokasi yang diamati. Fungsi ini juga terdapat beberapa macam, diantaranya sebagai berikut.

### a) Fungsi Kernel Adaptive *Gaussian*

$$w_j(u_i, v_i) = \exp \left[ \frac{-1}{2} \left( \frac{d_{ij}}{h_i} \right)^2 \right]$$

### b) Fungsi Kernel Adaptive *Bisquare*

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

### c) Fungsi Kernel Adaptive *Tricube*

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

Menurut Caraka dan Yasin (2017) untuk menentukan *bandwith* yang optimum maka dapat menggunakan metode *Cross Validation*(CV) berikut ini.

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(h))^2 \quad (2.17)$$

Dimana  $\hat{y}_{\neq i}(h)$  merupakan nilai penaksir  $y_i$  dengan pengamatan di titik lokasi  $i$  dihilangkan dalam proses estimasi.

Nilai *bandwith* optimum jika nilai CV nya minimum.

#### d. Pengujian Model GWR

Menurut Caraka dan Yasin (2017) untuk melakukan pengujian model GWR, terdapat dua tahap dalam pengujiannya yaitu :

##### 1) Uji Kesesuaian Model

Hipotesis dalam pengujian ini adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k, k = 1, 2, \dots, p$$

$H_1$  : minimal terdapat satu  $\beta_k(u_i, v_i)$  yang memiliki hubungan terhadap lokasi  $(u_i, v_i)$

Maka dalam pengujian ini, uji statistik yang digunakan adalah :

$$F^* = \frac{SSE(H_0)}{df_1} \times \frac{df_2}{SSE(H_1)} \quad (2.18)$$

dengan  $SSE(H_0)$  merupakan hasil dari  $Y^T(I - H)Y$  dimana nilai  $H$  diperoleh dari  $X(X^T X)^{-1}X^T$ , nilai  $df_1$  diperoleh dari  $n - k - 1$ , nilai  $SSE(H_1)$  merupakan hasil dari  $Y^T(1 - S)^T(I - S)Y$ , dan nilai  $df_2$  diperoleh dari  $(n - 2tr(S) + tr(S^T S))$  Dalam kriteria ujinya yaitu  $H_0$  ditolak jika nilai  $F^* > F_{\alpha; df_1; df_2}$ . Dan jika  $H_0$  ditolak maka keputusan yang dapat diambil adalah terdapat hubungan lokasi pada model.

##### 2) Uji Parameter Model

Uji parameter model dilakukan secara parsial dan uji ini digunakan untuk mengetahui parameter apa saja yang

signifikan. Bentuk hipotesis pengujian ini adalah sebagai berikut :

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

$$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k = 1, 2, \dots, p$$

Maka statistik uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

$$T_{hit} = \frac{\widehat{\beta}_k(u_i, v_i)}{SE[\widehat{\beta}_k(u_i, v_i)]} \quad (2.19)$$

Dalam kriteria pengujian ini,  $H_0$  ditolak jika  $|t_{hit}| > t_{\frac{\alpha}{2}; (n-k-1)}$  artinya parameter  $\beta_k(u_i, v_i)$  signifikan terhadap model.

## 8. Pemilihan Model Terbaik

Untuk menentukan model terbaik maka dibutuhkan metode, salah satunya adalah metode *Akaike's Information Criterion* (AIC). Metode ini pertama kali ditemukan oleh Akaike. Metode ini memperkirakan kualitas dari setiap contoh relatif terhadap contoh lain. Misalkan suatu fungsi *likelihood* yaitu sebuah fungsi yang digunakan untuk menaksir parameter yang sesuai memiliki nilai maksimum  $L$  dan jumlah parameter  $k$ , maka nilai AIC dapat diperoleh dengan rumus berikut ini (Akaike, 1978).

$$AIC = -2 \ln(L(\widehat{\theta})) + 2k \quad (2.20)$$

$L(\widehat{\theta})$  : nilai maksimum dari fungsi *likelihood*

$k$  : jumlah parameter

## **9. Investasi Daerah**

Investasi adalah jenis pengeluaran yang dilakukan untuk memperluas atau mengelola persediaan produk dan peralatan manufaktur untuk meningkatkan kapasitas produksi. Karena sifat dari investasi ini adalah jangka panjang, hal tersebut menjadi penghubung antara masa kini dan masa depan (Siregar, 2016). Investasi ini merupakan salah satu faktor terpenting dalam mencapai pertumbuhan ekonomi di suatu daerah. Penanaman Modal Asing (PMA) dan Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) adalah dua bentuk penanaman modal di suatu lokasi tertentu.

### **a. Pengertian Investasi Daerah**

Investasi adalah contoh pengeluaran yang dilakukan untuk menaikkan atau mengelola persediaan produk dan peralatan manufaktur untuk meningkatkan kapasitas produksi. Karena sifat dari investasi ini adalah jangka panjang dengan menjadi penghubung antara masa kini dengan masa ke depannya (Siregar, 2016). Investasi ini menjadi salah satu faktor terpenting untuk mencapai keberhasilan dari pertumbuhan ekonomi di suatu daerah. Investasi atau penanaman modal di suatu daerah terdiri dari 2 macam yaitu Penanaman Modal Asing (PMA) dan Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN).

### 1) Penanaman Modal Asing (PMA)

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 25 tahun 2007 pasal 1 menyatakan bahwa penanaman modal asing adalah kegiatan menanam modal untuk melakukan usaha di wilayah negara Republik Indonesia yang dilakukan oleh penanam modal asing baik yang menggunakan modal asing sepenuhnya maupun yang berpatungan dengan penanaman modal dalam negeri.

### 2) Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN)

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 25 tahun 2007 menyatakan bahwa penanaman modal dalam negeri adalah kegiatan menanam modal untuk melakukan usaha di wilayah negara Republik Indonesia yang dilakukan oleh penanam modal dalam negeri dengan menggunakan modal dalam negeri.

## **b. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Investasi Daerah**

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi investasi daerah. Sefle et al.(2014) menyatakan bahwa Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) mempengaruhi investasi daerah. Menurut Arini & Kusuma (2019) menyatakan bahwa belanja modal dan Pendapatan Asli Daerah (PAD) memiliki hubungan yang positif dan signifikan terhadap investasi daerah. Sedangkan menurut Siregar (2016) pengeluaran pemerintah mempengaruhi investasi daerah. Berdasarkan

penelitian – penelitian tersebut maka faktor – faktor yang mempengaruhi investasi daerah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1) Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

PDRB merupakan suatu nilai yang berasal dari semua produksi barang dan jasa yang diperoleh dari berbagai kegiatan ekonomi dalam suatu daerah pada kurun waktu tertentu. Pada umumnya kurun waktunya adalah satu tahun.

2) Belanja Modal

Belanja modal merupakan salah satu pengeluaran anggaran yang digunakan untuk memperoleh aset tetap dan aset lainnya yang dapat memberikan manfaat. Belanja modal ini dimaksudkan untuk memperoleh aset tetap dari pemerintah daerah.

3) Pendapatan Asli Daerah (PAD)

Pendapatan asli daerah merupakan pendapatan yang diterima dari sumber – sumber daerah sendiri sebagaimana sesuai dengan aturan undang – undang yang berlaku. Semakin tinggi tingkat pendapatan masyarakat maka akan semakin tinggi juga Pendapatan Asli Daerah (PAD) juga meningkat. Oleh karena itu dapat mendorong suatu daerah untuk menjadi lahan investasi baik dari pihak dalam negeri maupun pihak asing.

#### 4) Pengeluaran Pemerintah (PP)

Pengeluaran pemerintah merupakan semua yang terdaftar dalam proses suatu interaksi jual beli barang dan jasa yang berguna untuk kepentingan nasional. Pengeluaran pemerintah juga dijadikan tolak ukur bagaimana peran pemerintah dalam sektor pemerintah dan swasta. Dalam hal ini, pengeluaran pemerintah juga digunakan sebagai penentu dalam pertumbuhan. Jika pengeluaran pemerintah naik maka akan berdampak pada permintaan barang dan jasa yang mengalami kenaikan juga. Hal tersebut juga akan berdampak pada investasi daerah yang mengalami kenaikan karena terjadi peningkatan produksi sehingga akan menambah investasi baik penanaman modal dalam negeri maupun penanaman modal asing.

### **B. Kajian Penelitian Yang Relevan**

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa sumber penelitian sebelumnya yang dijadikan rujukan untuk menyajikan beberapa teori yang digunakan dan berkaitan dengan judul penelitian ini. Penelitian – penelitian tersebut diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Nainggolan et al. (2017) telah melakukan penelitian yang berjudul “Penerapan *Generalized Additive Model* (GAM) pada Rata-rata Lama Sekolah Provinsi Jawa Tengah.”



Penelitian ini membandingkan metode GAM dan GLM mengenai penerapan metode tersebut terhadap rata-rata lama sekolah Provinsi Jawa Tengah, dengan hasil bahwa metode GAM lebih baik dibandingkan dengan metode GLM dan model linear.

2. Lohmann dan Ohliger (2019) yang telah melakukan penelitian yang berjudul "*The Total Cost Of Misclassification In Credit Scoring : A Comparison Of Generalized Linear Models And Generalized Additive Models.*" Penelitian ini membandingkan model GLM dan GAM terhadap total biaya kesalahan klasifikasi dalam penilaian kredit dengan hasil bahwa model GAM lebih dapat mengurangi tingkat kesalahan klasifikasi dan total biaya yang ditimbulkan.
3. Laanaya et al. (2017) telah melakukan penelitian yang berjudul "*Water Temperature Modelling : Comparison Between The Generalized Additive Model, Logistic, Residuals Regression and linear Regression Models.*" Penelitian ini memodelkan temperatur air dengan membandingkan metode *Generalized Additive Model*, regresi logistik, dan model regresi linear. Hasil dari penelitian tersebut yaitu *Generalized Additive Model* yang lebih baik.

4. Yusuf et al. (2020) telah melakukan penelitian yang berjudul “Pemodelan *Geographically Weighted Regression* (GWR) pada presentase Kriminalitas di Provinsi Jawa Timur Tahun 2017.” Penelitian ini memodelkan tingkat kriminalitas pada tahun 2017 di Provinsi Jawa Timur dengan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR). Penelitian tersebut membandingkan metode GWR dan OLS dengan hasil metode GWR lebih baik daripada dengan metode OLS.
5. Dzikrina dan Purnami (2013) yang telah melakukan penelitian yang berjudul “Pemodelan Angka Prevelansi Kusta dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi di Jawa Timur dengan Pendekatan *Geographically Weighted Regression* (GWR).” Penelitian ini memodelkan nilai prevelansi kusta dan faktor-faktor yang mempengaruhi di Jawa Timur dengan membandingkan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dan regresi linear berganda dengan hasil model GWR yang lebih baik daripada model regresi linear berganda.
6. Fang et al. (2015) yang telah melakukan penelitian yang berjudul “*Estimating the Impact of Urbanization on Air Quality in China using Spatial Regression Models.*” Penelitian ini memperkirakan dampak urbanisasi pada kualitas udara di Cina menggunakan model regresi

spasial. Model yang digunakan adalah model OLS, model lag spasial (SAR) dan GWR. Dan hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa model GWR lebih baik dibandingkan dengan model OLS dan model lag spasial (SAR).

7. Susila, Putri dan Arini (2020) telah melakukan penelitian yang berjudul “Pemodelan Regresi Spasial Investasi Luar negeri yang Masuk ke Indonesia.” Penelitian ini memodelkan investasi luar negeri yang masuk ke Indonesia menggunakan metode SAR. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa terdapat aspek spasial pada jumlah investasi luar negeri yang masuk ke Indonesia

Beberapa penelitian terdahulu yang mendukung teori yang digunakan membahas tentang pemodelan menggunakan metode GAM dan GWR dan hasil dari penelitian – penelitian tersebut menyatakan bahwa metode GAM dan GWR menjadi metode terbaik jika dibandingkan metode lainnya. Dan terdapat penelitian yang menyatakan bahwa terdapat aspek spasial pada investasi luar negeri yang masuk ke Indonesia. Oleh karena itu perbedaan dalam penelitian ini adalah akan dijelaskan perbandingan antara metode *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Geographically Weighted Regression* (GWR) pada pemodelan Investasi Daerah di Provinsi Jawa Tengah.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif merupakan suatu metode penelitian yang digunakan untuk meneliti populasi atau sampel tertentu dengan analisis data dalam penelitian ini bersifat kuantitatif/statistik (Sugiyono, 2013).

#### **B. Sumber Data**

Dalam penelitian ini menggunakan data yang bersumber dari <https://jateng.bps.go.id/>. Penelitian ini berfokus pada data kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah dari tahun 2019 - 2021.

#### **C. Definisi Operasional Variabel**

Investasi daerah( $Y$ ) yang digunakan sebagai variabel respon dalam penelitian ini. Sedangkan untuk variabel prediktor yang digunakan adalah faktor apa saja yang diduga dapat mempengaruhi investasi daerah, variabel - variabel tersebut yaitu Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) ( $X_1$ ), belanja modal ( $X_2$ ), Pendapatan Asli Daerah (PAD) ( $X_3$ ), Pengeluaran Pemerintah (PP) ( $X_4$ ). Untuk variabel penelitian tersebut dapat disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan
Y	Investasi Daerah
$X_1$	Produk Domestik Regional Bruto
$X_2$	Belanja modal
$X_3$	Pendapatan Asli Daerah
$X_4$	Pengeluaran Pemerintah

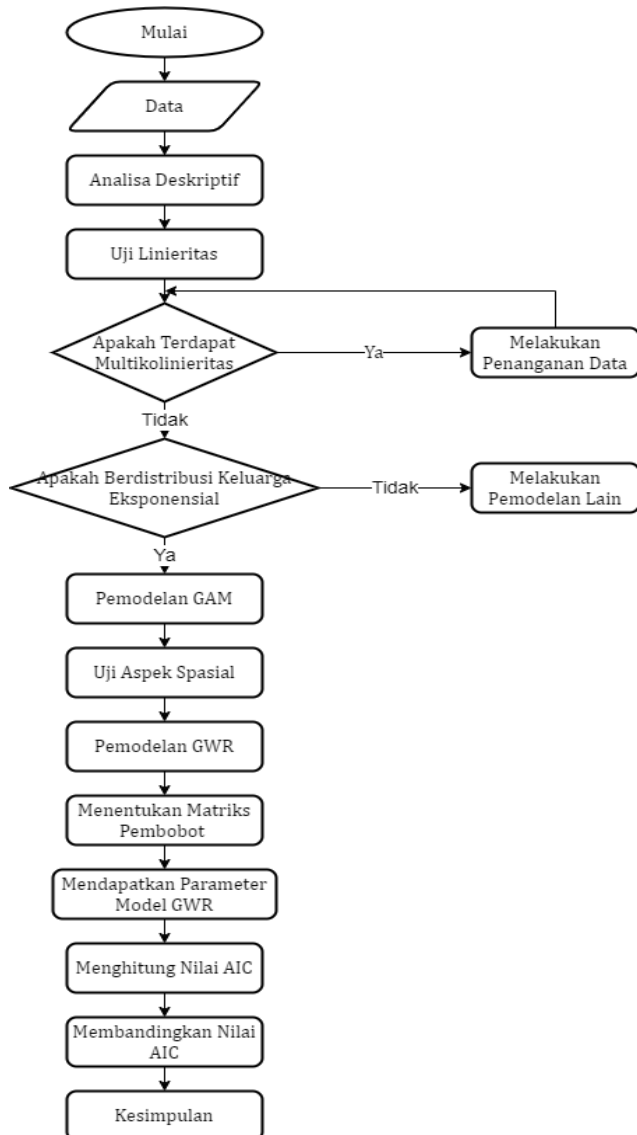
#### D. Teknik Analisis Data

Berikut ini adalah langkah - langkah yang digunakan untuk menganalisis data.

1. Membuat statistik deskriptif untuk menganalisis gambaran atau karakteristik dari variabel respon dan variabel prediktor.
2. Membuat *scatter plot* dan menguji linearitas menggunakan uji *Ramsey's Reset* pada persamaan (2.5) yang digunakan untuk melihat pola hubungan antar variabel respon dan variabel prediktor.
3. Uji multikolinearitas data menggunakan persamaan (2.6)
4. Uji kecocokan distribusi data menggunakan persamaan (2.2)
5. Memodelkan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah menggunakan GAM dengan pemulus spline menggunakan metode *penalized maximum likelihood* dengan menggunakan *Penalized Iterative Least Squares* (P-IRLS)

6. Uji aspek spasial menggunakan uji *Breusch -Pagan* pada persamaan (2.13)
7. Memodelkan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah menggunakan GWR. Langkah - langkahnya sebagai berikut.
  - a. Menentukan matriks pembobot kernel adaptif *Gaussian* dengan memilih fungsi kernel yang menghasilkan nilai *bandwith* yang optimum menggunakan persamaan (2.17)
  - b. Mengestimasi parameter model GWR menggunakan persamaan (2.14)
  - c. Menguji hipotesis model GWR menggunakan persamaan (2.18) dan persamaan (2.19)
8. Membandingkan metode GWR dan GAM berdasarkan nilai AIC pada persamaan (2.20)
9. Kesimpulan

Berdasarkan langkah - langkah diatas dapat digambarkan pada diagram alur berikut.



Gambar 3.1  
Diagram Alur Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Statistika Deskriptif

Penelitian ini menggunakan data investasi daerah di setiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2019 - 2021 sebagai variabel respon. Dan variabel prediktornya adalah PDRB( $X_1$ ), belanja modal( $X_2$ ), PAD( $X_3$ ), dan Pengeluaran Pemerintah(PP)( $X_4$ ). Dari variabel respon dan variabel prediktor sehingga diperoleh statistik deskriptif berikut ini.

Tabel 4.1 Statistika Deskriptif

Variabel	Minimum(Rp)	Maximum(Rp)	Mean(Rp)	Std. Deviasi(Rp)
PDRB	6.312.054,41	144.710.662,90	28.098.347,03	25.609.757,48
Belanja Modal	41.732.432	1.089.994.528	342.389.426,25	176.713.732,94
PAD	25.829.322	2.542.288.219	402.054.801,36	358.450.253,14
PP	9.000.000	5.319.832.790	2.331.799.560,71	904.860.447,88
Investasi Daerah	9.280,90	18.671.348,80	1.000.796,45	2.371.796,72

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2019 - 2021 antara Rp9.280,90 sampai Rp18.671.348,80 dengan nilai

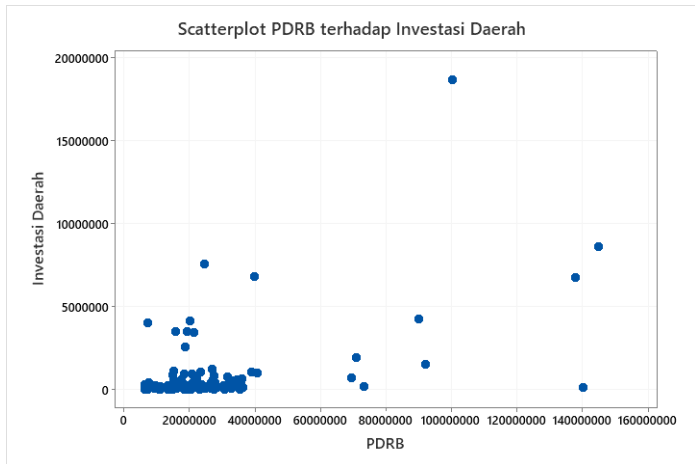


rata - ratanya yaitu Rp1.000.796,45. Nilai PDRB antara Rp6.312.054,41 sampai Rp144.710.662,9 dengan nilai rata - ratanya yaitu Rp28.098.347,03. Nilai belanja modal antara Rp41.732.432 sampai Rp1.089.994.528 dengan nilai rata - ratanya yaitu Rp342.389.426,25. Nilai Pendapatan asli daerah (PAD) antara Rp25.829.322 sampai Rp2.542.288.219 dengan nilai rata - ratanya yaitu Rp402.054.801,36. Dan nilai pengeluaran pemerintah (PP) antara Rp9.000.000 sampai Rp5.319.832.790 dengan nilai rata - ratanya yaitu Rp2.331.799.560,71.

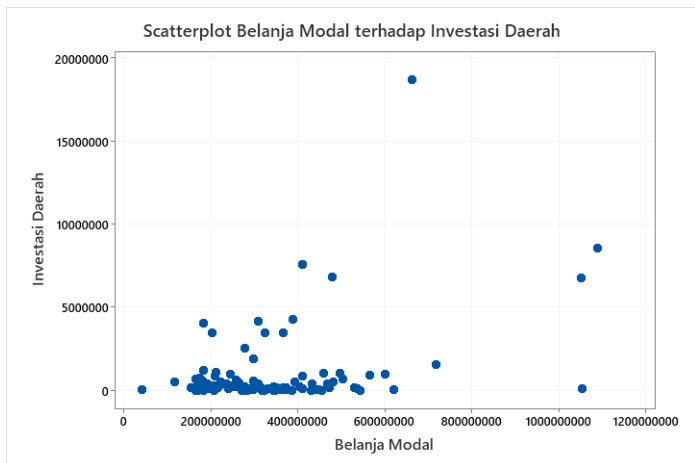
## **B. Hubungan Antara Variabel Respon Dan Variabel Prediktor**

### **1. Scatterplot**

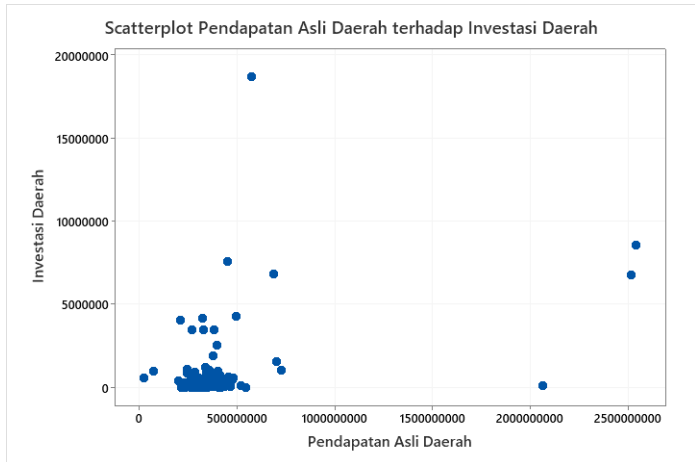
Hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor dapat dilihat pada gambar 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4 dibawah ini.



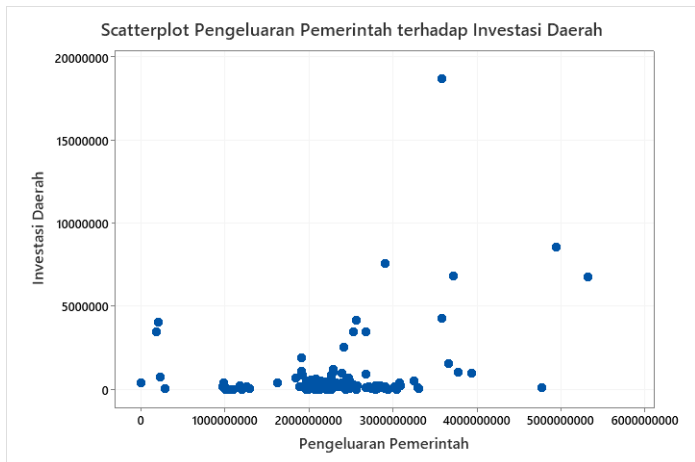
Gambar 4.1 Scatterplot antara PDRB Terhadap  
Investasi Daerah



Gambar 4.2 Scatterplot antara Belanja Modal  
Terhadap Investasi Daerah



Gambar 4.3 Scatterplot antara Pendapatan Asli Daerah Terhadap Investasi Daerah



Gambar 4.4 Scatterplot antara Pengeluaran Pemerintah Terhadap Investasi Daerah

Berdasarkan Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.4 terlihat bahwa sekilas gambar – gambar tersebut menunjukkan pola hubungan yang tidak linear. Sehingga variabel PDRB, belanja modal. Pendapatan asli daerah (PAD), Pengeluaran pemerintah tidak memiliki hubungan yang linear(nonlinear) dengan investasi daerah.

## 2. Uji Linearitas

Untuk melihat hubungan yang linear antara variabel prediktor dengan variabel respon tidak bisa hanya melihat berdasarkan gambar scatterplot saja karena dari gambar scatterplot akan memberikan hasil yang berbeda berdasarkan setiap orang yang melihatnya. Oleh karena itu diperlukan suatu pengujian yang dinamakan dengan uji linearitas. Pengujian linearitas ini menggunakan uji *Ramsey's Reset Test*. Uji ini merupakan salah satu statistik uji yang digunakan dalam pengujian ini, yang berdasarkan hipotesis sebagai berikut :

$H_0$  : model linear

$H_1$  : model tidak linear

Tabel 4.2 Nilai dari Pengujian *Ramsey's Reset Test*

Hubungan	$F_{hitung}$	$p - value$
PDRB ( $X_1$ ) dengan investasi daerah ( $Y$ )	3,5269	0,03307
Belanja modal ( $X_2$ ) dengan investasi daerah ( $Y$ )	1,7896	0,1723

PAD ( $X_3$ ) dengan investasi Daerah ( $Y$ )	2,3689	0,09876
PP ( $X_4$ ) dengan investasi daerah ( $Y$ )	8,4656	0,000399

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa hubungan antara PDRB ( $X_1$ ) dengan investasi daerah ( $Y$ ) dan hubungan antara PP ( $X_4$ ) dengan investasi daerah ( $Y$ ) memiliki nilai  $p - value < 0,05$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa model keduanya dikatakan sebagai model tidak linear. Dan hubungan antara belanja modal ( $X_2$ ) dan PAD ( $X_3$ ) dengan investasi daerah ( $Y$ ) memiliki nilai  $p - value > 0,05$  sehingga model keduanya merupakan model linear. Karena terdapat model yang tidak linear yaitu variabel  $X_1$  dan  $X_4$  maka dapat dimodelkan dengan fungsi penghalus dalam pemodelan *Generalized Additive Model*.

### C. Uji Multikolinearitas

Uji Multikolinearitas merupakan suatu uji untuk melihat hubungan linear antar variabel prediktor. Untuk melakukan uji multikolinearitas ini, statistik uji yang tepat adalah menggunakan *Variance Inflation Factor (VIF)*. Jika nilai  $VIF < 10$  maka tidak terjadi multikolinearitas namun jika nilai  $VIF > 10$  maka terjadi multikolinearitas.

Tabel 4.3 Hasil Uji Multikolinearitas

Variabel Prediktor	Nilai VIF
PDRB ( $X_1$ )	3,571996
Belanja modal ( $X_2$ )	2,293230
PAD ( $X_3$ )	3,760723
PP ( $X_4$ )	2,220051

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa nilai VIF dari setiap variabel prediktor  $< 10$ . Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa tidak ada multikolinearitas atau tidak ada hubungan yang linear antar variabel prediktor di dalam model tersebut.

#### **D. Uji Kecocokan Distribusi Data**

Salah satu syarat menggunakan metode *Generalized Additive Model* adalah distribusi dari variabel responnya adalah distribusi keluarga eksponensial. Dan salah satu contoh distribusi keluarga eksponensial adalah distribusi normal. Oleh karena itu dilakukan suatu uji normalitas untuk mengetahui apakah data variabel respon berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas ini dilakukan dengan statistik uji *Kolmogorov Smirnov* dengan berdasar hipotesis berikut :

$H_0$  : data variabel respon berdistribusi normal

$H_1$  : data variabel respon tidak berdistribusi normal

Tabel 4.4 Uji Normalitas Data *Kolmogorov Smirnov*

Variabel	<i>p</i> – <i>value</i>
Investasi daerah	< 0,001

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa nilai *p* – *value* < 0,05. Hal ini dapat disimpulkan bahwa data variabel responnya tidak berdistribusi normal atau data investasi daerah tidak berdistribusi normal. Sehingga diperlukan suatu cara untuk mengetahui distribusi tersebut sehingga data tersebut termasuk ke dalam distribusi keluarga eksponensial. Salah satu cara yang dapat digunakan yaitu dengan bantuan aplikasi *easyfit*. Dari aplikasi *easyfit* dihasilkan data sebagai berikut.

Tabel 4.5 Nilai Statistik Distribusi dari Investasi Daerah

No.	Distribution	Kolmogorov Smirnov	
		statistik	Rank
1	Log-Gamma	0,04562	1
2	Pareto 2	0,05121	2
3	Log-Logistic	0,05194	3
4	Burr	0,0525	4
5	Lognormal	0,0575	5

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa data investasi daerah berdistribusi Log-Gamma. Distribusi Log-Gamma merupakan salah satu distribusi yang masuk ke dalam distribusi keluarga eksponensial. Jadi, metode *Generalized*

*Additive Model* dapat digunakan untuk pemodelan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah.

### **E. Pemodelan Investasi Daerah di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Generalized Additive Model**

Setelah dilakukan pengujian distribusi data investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah masuk ke dalam distribusi keluarga eksponensial. Dan juga telah ditentukan pula variabel – variabel prediktor yang linear dan nonlinear sehingga dapat dilakukan pemodelan menggunakan *Generalized Additive Model*. Pemodelan ini menggunakan regresi kubik spline untuk menduga fungsi penghalus. Dengan kubik spline dan berdasarkan variabel prediktor yang telah ditentukan masing – masing linear dan nonlinear maka persamaan model GAM menjadi sebagai berikut.

$$Y = \beta_0 + f_1(X_1) + \beta_2(X_2) + \beta_3(X_3) + f_4(X_4)$$

Dalam perkiraan estimasi model GAM ini menggunakan *penalized likelihood maximization*. Dalam mengestimasi menggunakan metode tersebut diperlukan basis fungsi penghalus dari regresi kubik spline. Basis ini berguna untuk membantu dalam penentuan estimasi fungsi penghalus dalam persamaan (2.10). Dan dalam analisis ini setiap fungsi penghalus ini menggunakan 10 titik karena dalam pemodelan



*Generalized Additive Model* menggunakan standar jumlah titik knotnya yaitu  $k=10$  (Wood, 2017), sehingga penelitian ini menggunakan  $k=10$ . Jumlah titik ini berguna untuk mengatur batas dari fungsi penghalus yang merepresentasikan hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon secara nonlinear. Kemudian dilakukan analisis estimasi parameter dengan bantuan Rstudio dengan menggunakan package *mgcv* sehingga diperoleh hasil berikut ini.

Tabel 4.6 Hasil dari *Generalized Additive Model*

Variabel	Estimasi	$t$	$F$	Edf	$p$ - <i>value</i>
Kontanta	13,51	17,49			< 0,001
$f(X_1)$			3,251	5,809	0,00477
$X_2$	$-2,536 \cdot 10^{-9}$	-1,697			0,09
$X_3$	$1,384 \cdot 10^{-9}$	0,953			0,34
$f(X_4)$			2,523	6,349	0,01994

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa variabel prediktor yang nilai  $p$  - *value* < 0,05 yaitu variabel  $X_1$  dan  $X_4$ . Artinya variabel prediktor yang berpengaruh adalah variabel PDRB dan pengeluaran pemerintah. Sehingga PDRB dan pengeluaran pemerintah yang mempengaruhi investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah. Dari variabel yang berpengaruh tersebut maka model persamaanya adalah sebagai berikut.

$$Y = 13,51 + f(X_1) + f(X_4)$$

Dengan nilai  $p - value$  dari  $f(X_1)$  dan  $f(X_4)$  diperoleh berdasarkan dari edf (*estimate degress of freedom*). Sehingga berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh juga estimasi koefisien dari fungsi basis dari  $X_1$  dan  $X_4$  dengan estimasi maksimum dalam model *Generalized Additive Model* adalah berjumlah  $k - 1$ . Dengan  $k=10$  sehingga diperoleh estimasi koefisien fungsi basis pada Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Koefisien  $b_i(X_1)$  dan  $b_i(X_4)$

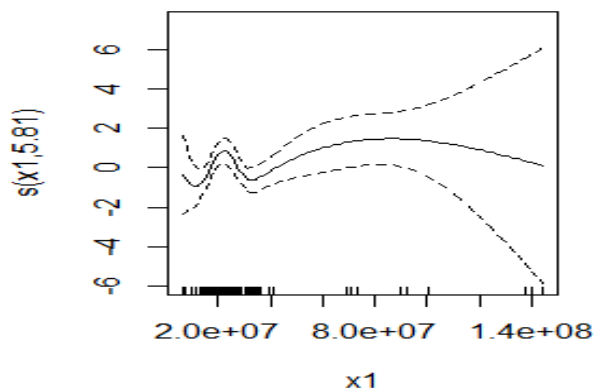
$b_i(X_1)$	$b_i(X_4)$
-0,8420568	-1,400384
-0,4404155	-0,8669162
0,1600551	-0,9310943
0,6966736	-1,095574
0,892427	-0,5411074
0,3288098	-0,9239259
-0,6810724	0,06529753
-0,1504460	-0,7763050
0,1285940	0,7754772

Berdasarkan Tabel 4.7 diperoleh koefisien dari fungsi basis. Koefisien dari masing - masing fungsi basis ini dapat membantu dalam mengestimasi fungsi penghalus sehingga

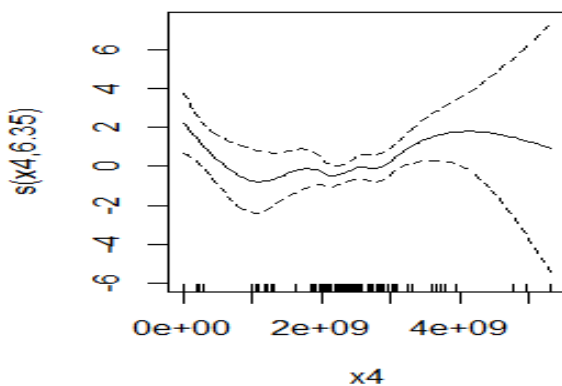
dapat mencari nilai prediksi dari variabel respon  $Y$  dengan model GAM yang terbentuk adalah

$$Y = 13,51 + f(X_1) + f(X_4)$$

Berdasarkan model GAM yang terbentuk dapat juga diinterpretasikan pada gambar berikut ini.



Gambar 4.5 Plot  $f(X_1)$



Gambar 4.6 Plot  $f(X_2)$

Berdasarkan Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa PDRB dan Pengeluaran Pemerintah memiliki hubungan yang nonlinear dengan investasi daerah.

## F. Uji Aspek Data Spasial

Dalam penggunaan model *Geographically Weighted Regression* salah satu syarat pertama yaitu apakah data merupakan data spasial. Dalam hal ini data spasial diuji berdasarkan heterogenitas spasial. Heterogenitas spasial untuk menyatakan apakah terdapat faktor geografis yang mempengaruhi suatu data. Untuk menentukan adanya heterogenitas spasial dapat menggunakan statistik uji *Breusch Pagan* dengan berdasar hipotesis berikut.

$H_0$  : tidak terjadi heterogenitas spasial

$H_1$  : terjadi heterogenitas spasial

Tabel 4.8 Uji Aspek Spasial Breusch Pagan

$BP_{hitung}$	$p - value$
24.235	0.00007166

Berdasarkan tabel 4.8 dapat dilihat bahwa nilai  $p - value < 0.05$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi heterogenitas spasial. Oleh karena itu data investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah merupakan data yang terdapat heterogenitas spasial sehingga dapat dimodelkan menggunakan *Geographically Weighted Regression*.

## G. Pemodelan Investasi Daerah di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Geographically Weighted Regression

### 1. Matriks Pembobot

Langkah pertama yang harus dilakukan untuk memodelkan data menggunakan model *Geographically Weighted Regression* adalah menentukan matriks pembobot. Matriks pembobot ini digunakan untuk mewakili suatu data di setiap lokasi. Dalam menentukan matriks pembobot dapat ditentukan dengan fungsi kernel. Fungsi kernel terdiri dari fungsi kernel tetap gaussian (*fixed kernel gaussian*), *fixed kernel bisquare*, *fixed kernel tricube*, *kernel adaptive gaussian*, *kernel adaptive bisquare*, dan *kernel adaptive tricube*. Di setiap fungsi tersebut yang membedakan adalah nilai parameter penghalus (*bandwith*). Untuk menentukan *bandwith* yang optimum maka dapat menggunakan metode *Cross Validation*. Nilai *bandwith* yang optimum jika nilai *Cross Validation* (CV) nya minimum.

Tabel 4.9 Fungsi Kernel Matriks Pembobot Model GWR

Fungsi Kernel	Nilai Bandwith	Nilai CV
Fixed gaussian	1,203508	5,588617. $10^{14}$
Fixed bisquare	2,808883	5,589971. $10^{14}$
Fixed tricube	2,71798	5,581599. $10^{14}$

Adaptive gaussian	0,4953283	$5,385683 \cdot 10^{14}$
Adaptive bisquare	0,8487237	$5,764294 \cdot 10^{14}$
Adaptive tricube	0,8408763	$5,720836 \cdot 10^{14}$

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dilihat *bandwith* yang paling optimum adalah fungsi *kernel adaptive gaussian* karena nilai CV fungsi tersebut yang paling minimum. Oleh karena itu nilai dari nilai *bandwith* tersebut dapat diperoleh matriks pembobotnya dengan nilai jarak *Euclid* antar lokasi satu dengan yang lain dapat dilihat pada lampiran 9 dan nilai pembobot di setiap lokasi pada lampiran 10. Matriks pembobot ini digunakan untuk mengestimasi parameter dalam model GWR.

## 2. Estimasi Parameter Model GWR

Dalam mengestimasi model GWR metode yang digunakan yaitu metode *Weight Least Square* yaitu dengan cara di setiap titik lokasi ini diberikan matriks pembobot yang berbeda sehingga diperoleh estimasi parameter. Karena setiap matriks pembobot berbeda di setiap lokasi maka estimasi parameternya juga berbeda - beda di setiap lokasi. Berikut hasil estimasi model GWR dengan bantuan aplikasi Rstudio.

Tabel 4.10 Estimasi Parameter Model GWR

Kab/kota	Estimasi Parameter				
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
Cilacap	-101564,41	0,08178	0,00109	-0,00198	-0,00027
Banyumas	-22624,66	0,08389	0,00098	-0,00200	-0,00030
Purbalingga	78075,08	0,07884	0,00101	-0,00175	-0,00033
Banjarnegara	-66864,41	0,06234	0,00102	-0,00103	-0,00024
Kebumen	-56374,58	0,08107	0,00094	-0,00188	-0,00028
Purworejo	-303193,04	0,05737	0,00094	-0,00087	-0,00014
Wonosobo	-48135,30	0,05067	0,00090	-0,00039	-0,00023
Magelang	-319985,01	0,03746	0,00063	0,00022	-0,00008
Boyolali	-155146,89	0,00498	-0,00048	0,00231	-0,00001
Klaten	-265808,24	0,01292	-0,00011	0,00172	0,00000
Sukoharjo	-319041,69	0,01612	0,00009	0,00145	0,00001
Wonogiri	-425046,13	0,02394	0,00041	0,00090	0,00003
Karanganyar	-226212,82	0,00515	-0,00037	0,00219	0,00003
Sragen	-105403,10	-0,00155	-0,00074	0,00270	0,00002
Grobogan	62599,15	-0,00375	-0,00086	0,00293	-0,00003
Blora	-168600,04	0,00926	0,00000	0,00189	-0,00001
Rembang	-128434,65	0,00851	0,00001	0,00195	-0,00003
Pati	10808,65	0,00204	-0,00036	0,00246	-0,00005
Kudus	101941,78	-0,00057	-0,00052	0,00270	-0,00008
Jepara	14413,73	0,01025	0,00025	0,00187	-0,00011
Demak	177329,80	-0,00268	-0,00069	0,00291	-0,00010
Semarang	41349,75	0,00723	-0,00029	0,00227	-0,00013
Temanggung	-49192,98	0,02512	0,00042	0,00107	-0,00016
Kendal	72029,60	0,01909	0,00051	0,00141	-0,00020
Batang	48349,41	0,02790	0,00092	0,00080	-0,00022
Pekalongan	87888,94	0,05277	0,00125	-0,00055	-0,00030
Pemalang	92930,23	0,06657	0,00120	-0,00122	-0,00032

Tegal	24219,29	0,06968	0,00120	-0,00140	-0,00029
Brebes	-46416,02	0,07377	0,00118	-0,00162	-0,00027
Kota magelang	-189340,78	0,03107	0,00049	0,00066	-0,00011
Kota Surakarta	-228717,80	0,00855	-0,00024	0,00199	0,00001
Kota salatiga	22097,53	-0,00101	-0,00081	0,00283	-0,00006
Kota semarang	176623,42	0,00222	-0,00032	0,00258	-0,00015
Kota pekalongan	90752,95	0,05261	0,00124	-0,00054	-0,00030
Kota tegal	18339,54	0,06983	0,00120	-0,00141	-0,00029

Berdasarkan Tabel 4.10 diperoleh bahwa setiap lokasi memiliki estimasi parameter yang berbeda - beda. Sehingga modelnya pun akan berbeda - beda di setiap lokasi. Model GWR yang terbentuk dari estimasi parameter pada Tabel 4.10 di setiap lokasi di Provinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut.

Tabel 4.11 Model GWR dari Estimasi Parameter

Kab/kota	Model GWR
Cilacap	$y_1 = -101564,41 + 0,08178X_1 + 0,00109X_2 - 0,00198X_3 - 0,00027X_4$
Banyumas	$y_2 = -22624,66 + 0,08389X_1 + 0,00098X_2 - 0,00200X_3 - 0,00030X_4$
Purbalingga	$y_3 = 78075,08 + 0,07884X_1 + 0,00101X_2 - 0,00175X_3 - 0,00033X_4$
Banjarnegara	$y_4 = -66864,41 + 0,06234X_1 + 0,00102X_2 - 0,00103X_3 - 0,00024X_4$
Kebumen	$y_5 = -56374,58 + 0,08107X_1 + 0,00094X_2 - 0,00188X_3 - 0,00028X_4$
Purworejo	$y_6 = -303193,04 + 0,05737X_1 + 0,00094X_2 - 0,00087X_3 - 0,00014X_4$



Wonosobo	$y_7 = -48135,30 + 0,05067X_1 + 0,00090X_2 - 0,00039X_3 - 0,00023X_4$
Magelang	$y_8 = -319985,01 + 0,03746X_1 + 0,00063X_2 + 0,00022X_3 - 0,00008X_4$
Boyolali	$y_9 = -155146,89 + 0,00498X_1 - 0,00048X_2 + 0,00231X_3 - 0,00001X_4$
Klaten	$y_{10} = -265808,24 + 0,01292X_1 - 0,00011X_2 + 0,00172X_3$
Sukoharjo	$y_{11} = -319041,69 + 0,01612X_1 + 0,00009X_2 + 0,00145X_3 + 0,00001X_4$
Wonogiri	$y_{12} = -425046,13 + 0,02394X_1 + 0,00041X_2 + 0,00090X_3 + 0,00003X_4$
Karanganyar	$y_{13} = -226212,82 + 0,00515X_1 - 0,00037X_2 + 0,00219X_3 + 0,00003X_4$
Sragen	$y_{14} = -105403,10 - 0,00155X_1 - 0,00074X_2 + 0,00270X_3 + 0,00002X_4$
Grobogan	$y_{15} = 62599,15 - 0,00375X_1 - 0,00086X_2 + 0,00293X_3 - 0,00003X_4$
Blora	$y_{16} = -168600,04 + 0,00926X_1 + 0,00189X_3 - 0,00001X_4$
Rembang	$y_{17} = -128434,65 + 0,00851X_1 + 0,00001X_2 + 0,00195X_3 - 0,00003X_4$
Pati	$y_{18} = 10808,65 + 0,00204X_1 - 0,00036X_2 + 0,00246X_3 - 0,00005X_4$
Kudus	$y_{19} = 101941,78 - 0,00057X_1 - 0,00052X_2 + 0,00270X_3 - 0,00008X_4$
Jejara	$y_{20} = 14413,73 + 0,01025X_1 + 0,00025X_2 + 0,00187X_3 - 0,00011X_4$
Demak	$y_{21} = 177329,80 - 0,00268X_1 - 0,00069X_2 + 0,00291X_3 - 0,00010X_4$
Semarang	$y_{22} = 41349,75 + 0,00723X_1 - 0,00029X_2 + 0,00227X_3 - 0,00013X_4$
Temanggung	$y_{23} = -49192,98 + 0,02512X_1 + 0,00042X_2 + 0,00107X_3 - 0,00016X_4$
Kendal	$y_{24} = 72029,60 + 0,01909X_1 + 0,00051X_2 + 0,00141X_3 - 0,00020X_4$
Batang	$y_{25} = 48349,41 + 0,02790X_1 + 0,00092X_2 + 0,00080X_3 - 0,00022X_4$

Pekalongan	$y_{26} = 87888,94 + 0,05277X_1 + 0,00125X_2 - 0,00055X_3 - 0,00030X_4$
Pemalang	$y_{27} = 92930,23 + 0,06657X_1 + 0,00120X_2 - 0,00122X_3 - 0,00032X_4$
Tegal	$y_{28} = 24219,29 + 0,06968X_1 + 0,00120X_2 - 0,00140X_3 - 0,00029X_4$
Brebes	$y_{29} = -46416,02 + 0,07377X_1 + 0,00118X_2 - 0,00162X_3 - 0,00027X_4$
Kota magelang	$y_{30} = -189340,78 + 0,03107X_1 + 0,00049X_2 + 0,00066X_3 - 0,00011X_4$
Kota Surakarta	$y_{31} = -228717,80 + 0,00855X_1 - 0,00024X_2 + 0,00199X_3 + 0,00001X_4$
Kota salatiga	$y_{32} = 22097,53 - 0,00101X_1 - 0,00081X_2 + 0,00283X_3 - 0,00006X_4$
Kota semarang	$y_{33} = 176623,42 + 0,00222X_1 - 0,00032X_2 + 0,00258X_3 - 0,00015X_4$
Kota pekalongan	$y_{34} = 90752,95 + 0,05261X_1 + 0,00124X_2 - 0,00054X_3 - 0,00030X_4$
Kota tegal	$y_{35} = 18339,54 + 0,06983X_1 + 0,00120X_2 - 0,00141X_3 - 0,00029X_4$

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa variabel PDRB bernilai positif pada 30 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah. Akan tetapi bernilai negatif pada Kabupaten Sragen, Kabupaten Grobogan, Kabupaten Kudus, Kabupaten Demak, dan Kota Salatiga. Variabel belanja modal bernilai positif di 23 kabupaten. Variabel PAD bernilai positif di 22 kabupaten. Dan variabel pengeluaran pemerintah bernilai negative di 29 kabupaten. Namun positif di Kabupaten Klaten, Kabupaten Sukoharjo, Kabupaten Wonogiri, Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Sragen, dan Kota Surakarta. Dari beberapa variabel yang bernilai positif ini artinya jika terjadi suatu peningkatan dari masing – masing variabel maka juga terjadi peningkatan

investasi daerah di suatu kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah.

### 3. Pengujian Hipotesis Model GWR

#### 1) Uji Kesesuaian Model

Uji kesesuaian model ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan model dengan lokasi. Untuk melakukan pengujian ini hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k, k = 1, 2, \dots, p$$

$H_1$  : minimal terdapat satu  $\beta_k(u_i, v_i)$  yang memiliki hubungan terhadap lokasi  $(u_i, v_i)$ .

Tabel 4.12 Uji Kesesuaian Model

	Df	Sum Sq	Mean Sq	Nilai F
OLS Residuals	5	$4,2260 \cdot 10^{14}$		
GWR Improvement	4,5318	$7,9333 \cdot 10^{13}$	$1,7506 \cdot 10^{13}$	
GWR Residuals	95,4682	$3,4327 \cdot 10^{14}$	$3,5956 \cdot 10^{12}$	4,8686

Berdasarkan tabel 4.12 diperoleh bahwa  $F_{hitung} = 4,8686$ .  $H_0$  ditolak jika  $F_{hitung} > F_{\alpha; df_1; df_2} = F_{0,05; 100; 95,4682} = 1,39897$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa minimal terdapat satu parameter yang memiliki hubungan dengan lokasi. Oleh karena itu model GWR sudah sesuai dengan data.

## 2) Uji Parameter Model

Uji parameter model digunakan untuk mengetahui parameter apa saja yang signifikan. Pengujian parameter ini berlandaskan hipotesis berikut.

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

$$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k = 1, 2, \dots, p$$

Dengan menggunakan statistik uji t. Dengan bantuan Rstudio sehingga didapat  $t_{hitung}$  di setiap lokasi di Provinsi Jawa tengah berikut ini.

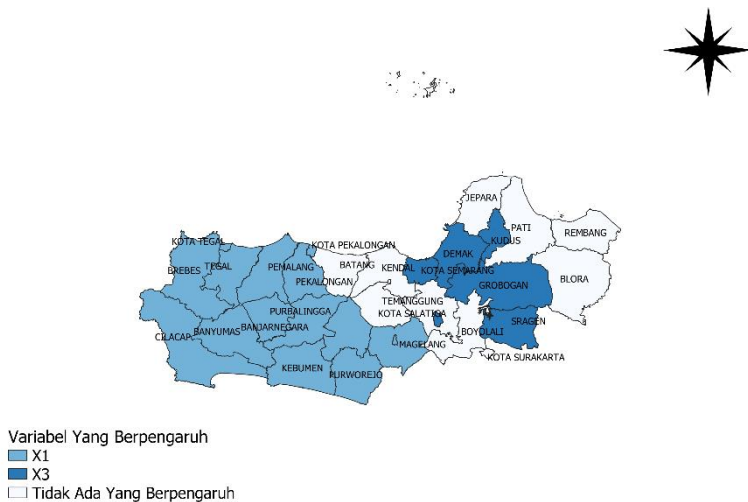
Tabel 4.13 Uji Parameter Model

Kab/kota	Nilai $t_{hitung}$			
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
Cilacap	5,45584	0,53427	-1,89161	-0,83970
Banyumas	5,47055	0,46344	-1,88621	-0,91264
Purbalingga	5,24851	0,47290	-1,66089	-0,97110
Banjarnegara	4,34879	0,49557	-0,99828	-0,75782
Kebumen	5,31423	0,44970	-1,77073	-0,85729
Purworejo	4,03034	0,46878	-0,84604	-0,44028
Wonosobo	3,51226	0,43164	-0,37695	-0,71890
Magelang	2,58928	0,30879	0,20964	-0,23945
Boyolali	0,29250	-0,21674	1,81754	-0,03525
Klaten	0,79687	-0,05209	1,43652	-0,00367
Sukoharjo	1,02454	0,04227	1,25017	0,04094
Wonogiri	1,58973	0,19626	0,80770	0,07775
Karanganyar	0,30258	-0,16699	1,71768	0,08587
Sragen	-0,08673	-0,33009	2,00525	0,06626

Grobogan	-0,20591	-0,39419	2,16557	-0,07675
Blora	0,55959	0,00196	1,57092	-0,03729
Rembang	0,51085	0,00259	1,61643	-0,08428
Pati	0,11693	-0,16807	1,93688	-0,15366
Kudus	-0,03215	-0,24690	2,09334	-0,23142
Jepara	0,63208	0,12571	1,61830	-0,36061
Demak	-0,15034	-0,32359	2,23194	-0,30077
Semarang	0,44100	-0,13902	1,89309	-0,38563
Temanggung	1,67412	0,20592	0,98722	-0,51077
Kendal	1,25736	0,25070	1,28544	-0,62214
Batang	1,91788	0,45407	0,76262	-0,68674
Pekalongan	3,76622	0,59308	-0,53725	-0,88409
Pemalang	4,65507	0,56296	-1,18054	-0,93478
Tegal	4,87064	0,57771	-1,36116	-0,88766
Brebes	5,10961	0,57954	-1,57210	-0,84526
Kota magelang	2,10836	0,24054	0,62067	-0,36173
Kota Surakarta	0,51739	-0,10993	1,61933	0,03453
Kota salatiga	-0,05770	-0,36736	2,16621	-0,17572
Kota semarang	0,13177	-0,15404	2,10748	-0,46906
Kota pekalongan	3,75215	0,59126	-0,52652	-0,88654
Kota tegal	4,88168	0,57930	-1,37132	-0,88316
Keterangan highlight kuning menunjukkan parameter yang signifikan				

Dengan uji  $t$  dan taraf signifikansi 5% atau 0,05  $H_0$  ditolak jika  $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}; n-k-1}$ . Dengan nilai  $t_{\frac{\alpha}{2}; n-k-1} = t_{0,025; 99} = 1,98422$ . Sehingga  $H_0$  ditolak jika  $|t_{hitung}| > 1,98422$ . Sehingga berdasarkan tabel 4.13 dapat disimpulkan bahwa

terdapat beberapa parameter yang signifikan jika nilai  $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1} = t_{0,025;99} = 1,98422$ . Parameter tersebut diantaranya yaitu  $\beta_1$  dan  $\beta_3$  karena terdapat minimal satu nilai  $|t_{hitung}| > 1,98422$ . Sehingga variabel yang berpengaruh adalah variabel PDRB dan PAD. Dari variabel yang berpengaruh tersebut dapat dikelompokkan seperti pada peta tematik berikut.



Gambar 4.7 Pemetaan Variabel yang Berpengaruh Berdasarkan Lokasi

Berdasarkan Gambar 4.7 yang menjelaskan tentang variabel yang berpengaruh berdasarkan lokasi. Sehingga dapat

disimpulkan bahwa untuk kelompok pertama yaitu variabel yang berpengaruh adalah  $X_1$  terdiri dari daerah Cilacap, Banyumas, Purbalingga, Banjarnegara, Kebumen, Purworejo, Wonosobo, Magelang, Pekalongan, Pemalang, Tegal, Brebes, Kota Magelang, Kota Pekalongan, Kota Tegal. Maka variabel yang mempengaruhi Investasi Daerah di lokasi tersebut adalah PDRB. Kemudian untuk kelompok yang kedua yaitu variabel yang berpengaruh adalah  $X_3$  terdiri dari Sragen, Grobogan, Kudus, Demak, Kota Salatiga, Kota Semarang. Variabel yang mempengaruhi investasi daerah di kelompok tersebut adalah Pendapatan Asli Daerah (PAD). Dan kelompok yang ketiga yaitu kelompok variabel yang tidak berpengaruh sama sekali. Dari beberapa variabel yang berpengaruh, maka model persamaan akhir dari Model GWR adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 14 Model GWR Berdasarkan Variabel yang Berpengaruh

Kab/kota	Model GWR
Cilacap	$y_1 = -101564,41 + 0,08178X_1$
Banyumas	$y_2 = -22624,66 + 0,08389X_1$
Purbalingga	$y_3 = 78075,08 + 0,07884X_1$
Banjarnegara	$y_4 = -66864,41 + 0,06234X_1$
Kebumen	$y_5 = -56374,58 + 0,08107X_1$
Purworejo	$y_6 = -303193,04 + 0,05737X_1$
Wonosobo	$y_7 = -48135,30 + 0,05067X_1$
Magelang	$y_8 = -319985,01 + 0,03746X_1$

Boyolali	$y_9 = -155146,89$
Klaten	$y_{10} = -265808,24$
Sukoharjo	$y_{11} = -319041,69$
Wonogiri	$y_{12} = -425046,13$
Karanganyar	$y_{13} = -226212,82$
Sragen	$y_{14} = -105403,10 + 0,00270X_3$
Grobogan	$y_{15} = 62599,15 + 0,00293X_3$
Blora	$y_{16} = -168600,04$
Rembang	$y_{17} = -128434,65$
Pati	$y_{18} = 10808,65$
Kudus	$y_{19} = 101941,78 + 0,00270X_3$
Jejara	$y_{20} = 14413,73$
Demak	$y_{21} = 177329,80 + 0,00291X_3$
Semarang	$y_{22} = 41349,75$
Temanggung	$y_{23} = -49192,98$
Kendal	$y_{24} = 72029,60$
Batang	$y_{25} = 48349,41$
Pekalongan	$y_{26} = 87888,94 + 0,05277X_1$
Pemalang	$y_{27} = 92930,23 + 0,06657X_1$
Tegal	$y_{28} = 24219,29 + 0,06968X_1$
Brebes	$y_{29} = -46416,02 + 0,07377X_1$
Kota magelang	$y_{30} = -189340,78 + 0,03107X_1$
Kota Surakarta	$y_{31} = -228717,80$
Kota salatiga	$y_{32} = 22097,53 + 0,00283X_3$
Kota semarang	$y_{33} = 176623,42 + 0,00258X_3$
Kota pekalongan	$y_{34} = 90752,95 + 0,05261X_1$
Kota tegal	$y_{35} = 18339,54 + 0,06983X_1$

Berdasarkan Tabel 4.14 dapat dilihat bahwa model persamaan GWR yang terbentuk menjelaskan tentang variabel PDRB( $X_1$ ) pada kabupaten/kota di kelompok pertama dan variabel PAD( $X_3$ ) pada kabupaten/kota di kelompok kedua memiliki hubungan yang positif terhadap investasi daerah di



provinsi Jawa tengah. Hal ini menyebabkan jika terjadi kenaikan pada PDRB maka kenaikan juga terjadi pada investasi daerah. Dan jika terjadi kenaikan pada Pendapatan Asli Daerah (PAD) maka investasi daerah juga akan naik.

## H. Pemilihan Model Terbaik

Untuk menentukan model terbaik dalam memodelkan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah dapat menggunakan metode AIC. Dengan membandingkan nilai AIC model *Generalized Additive Model* dan *Geographically Weighted Regression*. Model yang terbaik merupakan model yang mempunyai nilai AIC terkecil. Sesuai dengan tabel 4.15 dibawah ini.

Tabel 4.15 Perbandingan Nilai AIC Model

Model	AIC
GAM	3018,639
GWR	3331,401

Berdasarkan Tabel 4.15 dapat dilihat bahwa nilai AIC paling kecil adalah model GAM yaitu sebesar 3018,639. hal tersebut menyebabkan bahwa model GAM merupakan model terbaik untuk memodelkan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah dibandingkan model GWR.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pemodelan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah menggunakan metode *Generalized Additive Model* (GAM) adalah sebagai berikut.

$$Y = 13,51 + f(X_1) + f(X_4)$$

2. Pemodelan investasi daerah di Provinsi Jawa Tengah menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) menghasilkan model yang berbeda - berbeda di setiap lokasi. Salah satunya adalah model investasi daerah di Kabupaten Cilacap adalah sebagai berikut.

$$Y = -101564,41 + 0,08178X_1$$

3. Berdasarkan hasil perhitungan AIC pada *Generalized Additive Model* (GAM) dan *Geographically Weighted Regression* (GWR) diperoleh bahwa *Generalized Additive Model* (GAM) memiliki nilai AIC yang lebih kecil sehingga *Generalized Additive Model* (GAM) merupakan model yang cocok untuk memodelkan investasi daerah di Provinsi

Jawa Tengah dibandingkan *Geographically Weighted Regression (GWR)*.

## **B. Saran**

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk penelitian selanjutnya bisa membandingkan model GAM dengan model lainnya.
2. Untuk penelitian selanjutnya bisa menambahkan variabel seperti inflasi untuk memodelkan investasi daerah di Provinsi Jawa tengah.
3. Untuk penelitian selanjutnya bisa memodelkan menggunakan GAM dan GWR dengan estimasi parameter yang berbeda

## DAFTAR PUSTAKA

- Adamec, Z. dan Drápela, K. (2015) "Generalized additive models as an alternative approach to the modelling of the tree height-diameter relationship," *Journal of Forest Science*, 61(6), hal. 235–243.
- Arini, P.R. dan Kusuma, M.W. (2019) "Pengaruh Belanja Modal Dan Pendapatan Asli Daerah Terhadap Investasi Swasta Di Indonesia Dengan Pertumbuhan Ekonomi Sebagai Variabel Intervening," *Jurnal Riset Akuntansi Mercu Buana*, 5(1), hal. 28.
- Caraka, R.E. dan Yasin, H. (2017) *Geographically Weighted Regression (GWR)*. 1 ed. Yogyakarta : MOBIUS.
- Djeundje, V.B. dan Crook, J. (2019) "Identifying hidden patterns in credit risk survival data using Generalised Additive Models," *European Journal of Operational Research*, 277(1), hal. 366–376.
- Du, Z. *et al.* (2020) "Geographically neural network weighted regression for the accurate estimation of spatial non-stationarity," *International Journal of Geographical Information Science*, 34(7), hal. 1353–1377.
- Dzikrina, A.M. dan Purnami, S.W. (2013) "Pemodelan Angka Prevalensi Kusta dan Faktor- Faktor yang Mempengaruhi di Jawa Timur dengan Pendekatan Geographically Weighted Regression (GWR)," *JURNAL SAINS DAN SENI POMITS*, 2(2), hal. 275–281.
- Fang, C. *et al.* (2015) "Estimating the impact of urbanization on air quality in China using spatial regression models," *Sustainability (Switzerland)*, 7(11), hal. 15570–15592.

- Fotheringham, A.S., Brunson, C. dan Charlton, M. (2002) *Geographically Weighted Regression the analysis of spatially varying relationships*. England: John Wiley and Sons Ltd.
- Harlan, J. (2018) *Analisis Regresi Linear*. Pertama, *Journal of Chemical Information and Modeling*. Pertama. Depok: Gunadarma.
- Hastie, T. dan Tibshirani, R.J. (1990) *Generalized Additive Models*, New York: Chapman and Hall.
- Jamilatuzzahro., Herliansyah, R. dan Caraka, R.E. (2018) *Aplikasi generalized linear model pada R*.
- Jeong, H. dan Valdez, E.A. (2020) "Predictive compound risk models with dependence," *Insurance: Mathematics and Economics*, 94, hal. 182–195.
- Kartika, S. dan Kholijah, G. (2020) "Penggunaan Metode Geographically Weighted Regression ( GWR ) Untuk Mengestimasi Faktor Dominan yang Mempengaruhi Penduduk Miskin di Provinsi Jambi," *Journal of Mathematics: Theory and Applications*, 2(2), hal. 37–45.
- Khoiri, M., Syapsan, S. dan Kornita, S.E. (2020) "Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi di Provinsi Riau tahun 2000-2018," *Sorot*, 15(2), hal. 87.
- Laanaya, F., St-Hilaire, A. dan Gloaguen, E. (2017) "Water temperature modelling: comparison between the generalized additive model, logistic, residuals regression and linear regression models," *Hydrological Sciences Journal*, 62(7), hal. 1078–1093.

- Lohmann, C. dan Ohliger, T. (2019) "The total cost of misclassification in credit scoring: A comparison of generalized linear models and generalized additive models," *Journal of Forecasting*, 38(5), hal. 375–389.
- Mardiatmoko, G. (2020) "Pentingnya Uji Asumsi Klasik Pada Analisis Regresi Linier Berganda," *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 14(3), hal. 333–342.
- McCullagh, P. dan Nelder, J.A. (1989) *Generalized Linear Models*. second. London: Chapman and Hall.
- Montgomery, D.C., Peck, E.A. dan Vining, G.G. (2012) *Introduction to Linear Regression Analysis*. fifth. A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION.
- N.Wood, S. (2017) *Generalized Additive Models An Introduction with R*. second, *CRC Press*. second. Diedit oleh J. K et al. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Nainggolan, R., Andriyana, Y. dan Bachrudin, A. (2017) "Penerapan Generalized Additive Model (GAM) pada Rata-rata Lama Sekolah Provinsi Jawa Tengah," in *Seminar Statistika FMIPA Unpad 2017(SNS VI)*, hal. 327–333.
- Peluso, A., Vinciotti, V. dan Yu, K. (2019) "Discrete Weibull generalized additive model: an application to count fertility data," *Journal of the Royal Statistical Society. Series C: Applied Statistics*, 68(3), hal. 565–583.
- Ren, Y. *et al.* (2020) "Driving factors of land change in china's loess plateau: Quantification using geographically weighted regression and management implications," *Remote Sensing*, 12(3).

- Sefle, B., Naukoko, A. dan Kawung, G. (2014) "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Investasi Di Kabupaten Sorong (Studi Pada Kabupaten Sorong Tahun 2008-2012)," *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 14(3), hal. 1-14.
- Siregar, E.S. (2016) "Pengaruh Pengeluaran Pemerintah Terhadap Investasi Daerah Sumatera Utara," *Jurnal Education and Development STKIP Tapanuli Selatan*, 2(2), hal. 1-6.
- Sugiarto dan Arsyadana, H.H. (2015) "Perbandingan Regresi Global Dan Geographical Weighted Regression (GWR) Pada Model Kasus Prevalensi Penyakit Hepatitis," *Statistika*, 3(2), hal. 31-40.
- Sugiyono, D. (2013) *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Tindakan*.
- Suhartono (2008) *Analisis Data Statistik Dengan R*. Surabaya: Lab. Statistik Komputasi ITS.
- Susila, M.R., Putri, R.C. dan Arini, D. (2020) "Pemodelan Regresi Spasial Investasi Luar Negeri Yang Masuk Ke Indonesia Modeling," *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 14(4), hal. 543-556.
- Yellow Horse, A.J., Yang, T.C. dan Huyser, K.R. (2022) "Structural Inequalities Established the Architecture for COVID-19 Pandemic Among Native Americans in Arizona: a Geographically Weighted Regression Perspective," *Journal of Racial and Ethnic Health Disparities*, 9(1), hal. 165-175.
- Yusuf, D.W.S., Hermanto, E.M.P. dan Pramesti, and W. (2020) "Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) Pada Persentase Kriminalitas Di Provinsi Jawa

Timur Tahun 2017," *Indonesian Journal of Statistics and Its Applications*, 4(1), hal. 156–163.



### LAMPIRAN - LAMPIRAN

#### Lampiran 1 Data Penelitian Investasi Daerah di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2019-2021

No	Tahun	Daerah	PDRB	Belanja Modal	PAD	PP	Investasi	u	v
1	2019	Kabupaten Cilacap	100327298.9	663321198	574276794	3584962084	18671348.8	109.00	-7.73
2	2019	Kabupaten Banyumas	39779320.86	478797497	686805512	3725271325	6831065.4	109.35	-7.61
3	2019	Kabupaten Purbalingga	17387610.58	262136781	305996806	2201807611	461817.3	109.35	-7.28
4	2019	Kabupaten Banjarnegara	15246865.65	358205529	257700650	2222941415	52948.3	109.80	-7.40
5	2019	Kabupaten Kebumen	19815062.62	365840794	409163433	3021687363	168026.9	109.57	-7.63
6	2019	Kabupaten Purworejo	13353336.33	327413701	280396156	2282729436	78445.3	110.02	-7.72
7	2019	Kabupaten Wonosobo	13793040.27	430765650	238371743	2214052791	18337.4	109.93	-7.36
8	2019	Kabupaten Magelang	23253154.32	386529995	417178100	2797624801	14758.6	110.27	-7.66
9	2019	Kabupaten Boyolali	22681097.81	530593844	395431863	2513981310	202093.1	110.60	-7.53

10	2019	Kabupaten Klaten	27805993.69	308145404	311648401	3084765735	425285.8	110.64	-7.65
11	2019	Kabupaten Sukoharjo	27076442.63	350577777	458742224	2143687570	217134.4	110.83	-7.68
12	2019	Kabupaten Wonogiri	20856209.49	565091979	287221630	2685943446	922779.7	111.05	-7.92
13	2019	Kabupaten Karanganyar	26599744.09	286884775	387763013	2469462923	72276.7	110.95	-7.60
14	2019	Kabupaten Sragen	26853059.12	249326386	368325800	2578755182	262781	110.94	-7.41
15	2019	Kabupaten Grobogan	19692631.32	448666101	344559032	2746493905	54451.2	110.92	-7.03
16	2019	Kabupaten Blora	18318415.14	468073909	264338953	2322382566	393342.8	111.40	-6.90
17	2019	Kabupaten Rembang	13612335.31	207071429	308445489	1975181553	11240.5	111.35	-6.72
18	2019	Kabupaten Pati	30885378.59	405100298	363997154	3091474682	248996.8	111.04	-6.75
19	2019	Kabupaten Kudus	73241777.45	278210579	343824123	2260081505	222311.4	110.83	-6.80

20	2019	Kabupaten Jepara	21384282.93	325239222	384979093	2528382702	3476052.6	110.67	-6.53
21	2019	Kabupaten Demak	18417009.99	455482430	407400541	2562354775	26276.3	110.67	-6.88
22	2019	Kabupaten Semarang	35638961.98	393472096	429011081	2492255493	540823	110.34	-7.27
23	2019	Kabupaten Temanggung	15214058.87	223249187	278313775	1969512901	545644	110.17	-7.30
24	2019	Kabupaten Kendal	30916386.47	283503675	350500850	2440873249	26308.5	110.17	-7.03
25	2019	Kabupaten Batang	15226786.53	211778240	245836087	1919265838	1100393.7	110.05	-6.86
26	2019	Kabupaten Pekalongan	16356350.99	345165298	341344415	2353391384	240595.5	109.67	-6.88
27	2019	Kabupaten Pemalang	18267199.78	347657853	350559140	2948441837	43021.6	109.38	-6.89
28	2019	Kabupaten Tegal	24861495.83	434393483	436003393	2815712481	65188.8	109.15	-6.87
29	2019	Kabupaten Brebes	32847862.67	621919531	379091299	3308888412	70548.7	108.88	-7.07
30	2019	Kota Magelang	6470539.51	272055204	273582933	1102207518	44736.8	110.22	-7.47

31	2019	Kota Surakarta	35441107.67	543578177	546020008	2134614681	25713.2	110.82	-7.57
32	2019	Kota Salatiga	9666446.31	183724641	236086898	1186330070	228176.6	110.50	-7.34
33	2019	Kota Semarang	140199517.4	1054761428	2066333417	4776442687	144644.3	110.42	-6.97
34	2019	Kota Pekalongan	7477425.04	182153985	212777435	207386097	4048101.2	109.68	-6.89
35	2019	Kota Tegal	11205782.88	165978024	285575789	1202471927	26770.2	109.13	-6.87
36	2020	Kabupaten Cilacap	90011584.1	388510434	495407770	3584962084	4287706.1	109.00	-7.73
37	2020	Kabupaten Banyumas	39121623.57	497344207	729892819	3773568764	1075232.9	109.35	-7.61
38	2020	Kabupaten Purbalingga	17182873.71	241340559	284009239	2104113319	137971.5	109.35	-7.28
39	2020	Kabupaten Banjarnegara	15045884.99	437440954	263413965	2259878404	68649.5	109.80	-7.40
40	2020	Kabupaten Kebumen	19527664.95	344682949	417693691	3044056768	39135.2	109.57	-7.63
41	2020	Kabupaten Purworejo	13138294.11	367418011	326571675	2483287920	72534.5	110.02	-7.72
42	2020	Kabupaten Wonosobo	13566176.25	318897050	224697827	2070280635	9280.9	109.93	-7.36

43	2020	Kabupaten Magelang	22865151.84	373779610	406095299	2719200678	197315.4	110.27	-7.66
44	2020	Kabupaten Boyolali	22409732.64	504074782	369369271	2480627139	714737.3	110.60	-7.53
45	2020	Kabupaten Klaten	27480359.39	298048256	304546856	2907327298	45956.1	110.64	-7.65
46	2020	Kabupaten Sukoharjo	26616503.11	433868660	332207075	9000000	444570	110.83	-7.68
47	2020	Kabupaten Wonogiri	20563144.42	286171645	252340642	286171645	46988.8	111.05	-7.92
48	2020	Kabupaten Karanganyar	26103228.36	207922305	357146402	2346436745	191929.5	110.95	-7.60
49	2020	Kabupaten Sragen	26367261.24	330484249	338220314	2422886893	123651.1	110.94	-7.41
50	2020	Kabupaten Grobogan	19383027.4	366995089	332001228	2680645523	3507281.3	110.92	-7.03
51	2020	Kabupaten Blora	17483886.74	244412792	236965596	2012812302	282365.7	111.40	-6.90
52	2020	Kabupaten Rembang	13409631.2	255283343	307258622	2054302198	238070.3	111.35	-6.72
53	2020	Kabupaten Pati	30527473.16	305035874	351859894	2910220672	189302.1	111.04	-6.75

54	2020	Kabupaten Kudus	70961748.5	297603328	378701780	1911471464	1921363.9	110.83	-6.80
55	2020	Kabupaten Jepara	20973089.31	235814861	386441887	2399062011	405240.4	110.67	-6.53
56	2020	Kabupaten Demak	18374561.64	244163733	404373956	2400405766	976924.8	110.67	-6.88
57	2020	Kabupaten Semarang	34688037.34	298135187	479870281	2457006194	578954.3	110.34	-7.27
58	2020	Kabupaten Temanggung	14890755.46	183214773	266913818	1996489275	33536.2	110.17	-7.30
59	2020	Kabupaten Kendal	30449024.4	273571784	425302414	2451834514	266922.1	110.17	-7.03
60	2020	Kabupaten Batang	15031083.84	209842807	246398163	1925617426	866572.5	110.05	-6.86
61	2020	Kabupaten Pekalongan	16047511.77	41732432	466818350	2446656142	76392.8	109.67	-6.88
62	2020	Kabupaten Pemalang	18155597.42	437541925	309060518	2836842885	111134	109.38	-6.89
63	2020	Kabupaten Tegal	24492665.57	411653004	450742220	2905805253	7586941.9	109.15	-6.87
64	2020	Kabupaten Brebes	32693080.65	536441460	398649681	3293494179	124921.5	108.88	-7.07

65	2020	Kota Magelang	6312054.41	170079050	255038220	1006107354	31305.1	110.22	-7.47
66	2020	Kota Surakarta	34815965.32	193157605	303178239	1624395242	394194.8	110.82	-7.57
67	2020	Kota Salatiga	9503711.49	179382971	228004915	1006404906	103234	110.50	-7.34
68	2020	Kota Semarang	137609712.2	1052470808	2516646593	5319832790	6744646.1	110.42	-6.97
69	2020	Kota Pekalongan	7337833.89	207386097	218020320	1060107482	27069.2	109.68	-6.89
70	2020	Kota Tegal	10949122.06	182439678	333012742	1298031100	47734.4	109.13	-6.87
71	2021	Kabupaten Cilacap	91944587.54	718027947	702379614	3664111864	1557392.7	109.00	-7.73
72	2021	Kabupaten Banyumas	40686808.02	601743341	75499686	3942165949	998117.6	109.35	-7.61
73	2021	Kabupaten Purbalingga	17731438	222940062	25829322	2028994039	586584.3	109.35	-7.28
74	2021	Kabupaten Banjarnegara	15536477.91	375768133	287492497	2185698014	115385.3	109.80	-7.40
75	2021	Kabupaten Kebumen	20253059.43	273065757	354421071	2822915166	106714.6	109.57	-7.63
76	2021	Kabupaten Purworejo	13582556.43	323523322	322798977	2272552293	44921.9	110.02	-7.72

77	2021	Kabupaten Wonosobo	14064764.7	313480818	236403478	1982274230	226748.7	109.93	-7.36
78	2021	Kabupaten Magelang	23661713.24	236910639	291447682	2532051858	309401.1	110.27	-7.66
79	2021	Kabupaten Boyolali	23447366.01	458698832	358772843	2295488616	1073546.3	110.60	-7.53
80	2021	Kabupaten Klaten	28531108.64	193466735	249063886	2681403764	134098	110.64	-7.65
81	2021	Kabupaten Sukoharjo	27634117.53	410126534	343113739	2272449474	863819.5	110.83	-7.68
82	2021	Kabupaten Wonogiri	21251003.92	310193676	258242856	2406081254	345718.6	111.05	-7.92
83	2021	Kabupaten Karanganyar	27034107.96	183872033	341722577	2293100557	1235054.5	110.95	-7.60
84	2021	Kabupaten Sragen	27355145.96	180779825	307612569	2265495152	620931.5	110.94	-7.41
85	2021	Kabupaten Grobogan	20115533.52	309472373	323157571	2570822906	4154273.2	110.92	-7.03
86	2021	Kabupaten Blora	18126446.9	373017563	259398747	2198118868	75171.7	111.40	-6.90
87	2021	Kabupaten Rembang	13925516.25	215717509	311248617	1887446808	181470.4	111.35	-6.72



88	2021	Kabupaten Pati	31559078.68	308809877	336586717	2790276610	268438.4	111.04	-6.75
89	2021	Kabupaten Kudus	69556927.81	166324069	358802380	1848490330	721370.2	110.83	-6.80
90	2021	Kabupaten Jepara	21944232.37	117459045	366674513	2141811005	527294.7	110.67	-6.53
91	2021	Kabupaten Demak	18856415.63	277956601	400271710	2418606299	2573023.4	110.67	-6.88
92	2021	Kabupaten Semarang	35946100.1	259158944	458471405	2091128816	636873.1	110.34	-7.27
93	2021	Kabupaten Temanggung	15387930.43	239836721	263182248	1962358369	161010	110.17	-7.30
94	2021	Kabupaten Kendal	31632276.02	174670048	415542061	233019406	783311.3	110.17	-7.03
95	2021	Kabupaten Batang	15764265.54	204146011	268423944	191177147	3500648.2	110.05	-6.86
96	2021	Kabupaten Pekalongan	16615065.66	264199486	479807094	2232259762	501700.2	109.67	-6.88
97	2021	Kabupaten Pemalang	18916261.68	299239826	256170942	2854829735	242282.3	109.38	-6.89
98	2021	Kabupaten Tegal	25402911.06	471865524	433822920	2901606723	218013.5	109.15	-6.87

99	2021	Kabupaten Brebes	33456328.43	481611932	413148097	3258452215	548421.3	108.88	-7.07
100	2021	Kota Magelang	6513894.68	207377377	212850446	991691941	289183.4	110.22	-7.47
101	2021	Kota Surakarta	36211248.26	410038087	523320764	2080745802	154887.6	110.82	-7.57
102	2021	Kota Salatiga	9820286.85	153490662	237363352	981034599	176223.3	110.50	-7.34
103	2021	Kota Semarang	144710662.9	1089994528	2542288219	4943153169	8587314.5	110.42	-6.97
104	2021	Kota Pekalongan	7601486.23	170230304	203812400	988198191	411126.5	109.68	-6.89
105	2021	Kota Tegal	11290268.87	182467243	372133887	1267780719	200952.9	109.13	-6.87

Lampiran 2 *Sintax* dan Output Rstudio dalam Uji Linearitas

```
> library(lmtest)
> resettest(y~x1)

RESET test

data: y ~ x1
RESET = 3.5269, df1 = 2, df2 = 101, p-value = 0.03307
> resettest(y~x2)

RESET test

data: y ~ x2
RESET = 1.7896, df1 = 2, df2 = 101, p-value = 0.1723
> resettest(y~x3)

RESET test

data: y ~ x3
RESET = 2.3689, df1 = 2, df2 = 101, p-value = 0.09876
> resettest(y~x4)

RESET test

data: y ~ x4
RESET = 8.4656, df1 = 2, df2 = 101, p-value = 0.00039
```



Lampiran 3 *Sintax* dan Output Rstudio dalam Uji  
Multikolinearitas

```
> library(car)
> vif(lm(y~x1+x2+x3+x4))
      x1      x2      x3      x4
3.571996 3.293230 3.760723 2.220051
```

Lampiran 4 *Sintax* dan Output Rstudio dalam Uji Normalitas

```
> ks.test(y,"pnorm")

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data: y
D = 1, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: two-sided
```

## Lampiran 5 Output Menggunakan Easyfit

EasyFit - Untitled - [Fit1]

File Edit View Analyze Options Tools Window Help

f F S h H PP QQ Dif

Project Tree

Data Tables  
Table1

Results  
Fit1

Graphs Summary Goodness of Fit

**Goodness of Fit - Summary**

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
33	Log-Gamma	0.04562	1	0.27205	2	3.4858	6
39	Pareto 2	0.05121	2	0.41272	6	0.96437	1
34	Log-Logistic	0.05194	3	0.36001	5	1.0903	2
2	Burr	0.0525	4	0.29461	3	5.6205	12
36	Lognormal	0.0575	5	0.43883	8	1.7853	5
28	Inv. Gaussian (3P)	0.06051	6	0.34876	4	5.177	9
16	Frechet (3P)	0.06283	7	0.41387	7	8.7451	16
45	Phased Bi-Exponential	0.08684	8	2.5184	20	10.666	19
31	Levy	0.08695	9	1.4339	10	11.593	24
15	Frechet	0.08959	10	0.97976	9	7.2847	14
23	Gen. Pareto	0.09925	11	1.5296	14	4.5922	8
54	Wakeby	0.09925	12	1.5296	15	4.5922	7
32	Levy (2P)	0.10336	13	1.4721	12	11.035	21
27	Inv. Gaussian	0.10994	14	3.1187	22	10.116	18
19	Gen. Extreme Value	0.11095	15	1.9162	16	5.9209	13
21	Gen. Gamma (4P)	0.11183	16	4.1436	23	5.4743	11
55	Weibull	0.11261	17	3.0709	21	7.6526	15
40	Pearson 5	0.11568	18	1.4619	11	11.013	20
22	Gen. Logistic	0.11652	19	2.0352	18	5.3463	10
42	Pearson 6	0.11863	20	1.5249	13	9.2411	17
56	Weibull (3P)	0.12371	21	4.3022	24	12.318	25
13	Fatigue Life	0.12949	22	2.0187	17	11.157	23
14	Fatigue Life (3P)	0.12985	23	2.045	19	11.154	22
18	Gamma (3P)	0.15301	24	5.7834	26	24.535	29
41	Pearson 5 (3P)	0.15418	25	5.6849	25	24.111	28

Type here to search

Lampiran 6 Syntax dan Output *Generalized Additive Model*

```
> library(mgcv)
> modelgam=gam(y~s(x1,bs="cr",k=10)+x2+x3+s(x4,bs="cr",k=1
0),family = Gamma(log))
> summary(modelgam)
```

Family: Gamma  
Link function: log

Formula:

```
y ~ s(x1, bs = "cr", k = 10) + x2 + x3 + s(x4, bs = "cr",
k = 10)
```

Parametric coefficients:

```
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 1.351e+01 7.722e-01 17.490 <2e-16 ***
x2 -2.536e-09 1.495e-09 -1.697 0.0932 .
x3 1.384e-09 1.452e-09 0.953 0.3432
---
```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:

```
edf Ref.df F p-value
s(x1) 5.809 6.638 3.251 0.00477 **
s(x4) 6.349 7.109 2.523 0.01994 *
---
```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R-sq.(adj) = 0.173 Deviance explained = 46.7%

GCV = 1.9433 Scale est. = 1.7299 n = 105

> #estimasi koefisien parameter fungsi basis

> modelgam\$coefficients

```
(Intercept) x2 x3 s(x1).1 s(x1).2 s(x1).3
s(x1).4 s(x1).5 s(x1).6
1.350508e+01 -2.536284e-09 1.383544e-09 -8.420568e-01 -4.4
04155e-01 1.600551e-01 6.966736e-01 8.924270e-01 3.28809
8e-01
s(x1).7 s(x1).8 s(x1).9 s(x4).1 s(x4).2 s(x4).3
s(x4).4 s(x4).5 s(x4).6
-6.810724e-01 -1.504460e-01 1.285940e-01 -1.400384e+00 -8.6
69162e-01 -9.310943e-01 -1.095574e+00 -5.411074e-01 -9.239
259e-01
s(x4).7 s(x4).8 s(x4).9
6.529753e-02 -7.763050e-01 7.754772e-01
```

> #mencari nilai AIC

> AIC(modelgam)

```
[1] 3018.639
```

### Lampiran 7 *Syntax* dan Output Uji Heterogenitas Spasial

```
> bptest(y~x1+x2+x3+x4)

studentized Breusch-Pagan test

data: y ~ x1 + x2 + x3 + x4
BP = 24.235, df = 4, p-value = 7.166e-05
```

### Lampiran 8 *Syntax* dan Output *Geographically Weighted Regression*

```
> library(spgwr)
Loading required package: sp
Loading required package: spData
To access larger datasets in this package, install the spDataLarge
package with:
`install.packages('spDataLarge', repos='https://nowosad.github.io/drat/', type='source')`
NOTE: This package does not constitute approval of GWR
as a method of spatial analysis; see example(gwr)
> #pemilihan bandwidth
> b1=gwr.sel(y~x1+x2+x3+x4,coords = cbind(ui,vi),data = data,a
dapt = FALSE,gweight = gwr.Gauss)
Bandwidth: 1.100442 CV score: 5.597675e+14
Bandwidth: 1.778775 CV score: 5.671188e+14
Bandwidth: 0.6812093 CV score: 6.175737e+14
```

```
Bandwidth: 1.399619 CV score: 5.6067e+14
Bandwidth: 1.176911 CV score: 5.589132e+14
Bandwidth: 1.226358 CV score: 5.58896e+14
Bandwidth: 1.20366 CV score: 5.588617e+14
Bandwidth: 1.204141 CV score: 5.588617e+14
Bandwidth: 1.203508 CV score: 5.588617e+14
Bandwidth: 1.203548 CV score: 5.588617e+14
Bandwidth: 1.203467 CV score: 5.588617e+14
Bandwidth: 1.203508 CV score: 5.588617e+14
> b2=gwr.sel(y~x1+x2+x3+x4,coords = cbind(ui,vi),data = data,a
dapt = FALSE,gweight = gwr.bisquare)
Bandwidth: 1.100442 CV score: 8.700158e+14
Bandwidth: 1.778775 CV score: 6.216392e+14
Bandwidth: 2.198008 CV score: 5.76972e+14
Bandwidth: 2.213613 CV score: 5.758594e+14
Bandwidth: 2.466752 CV score: 5.630919e+14
Bandwidth: 2.66507 CV score: 5.595585e+14
Bandwidth: 2.689207 CV score: 5.593745e+14
Bandwidth: 2.760274 CV score: 5.590542e+14
Bandwidth: 2.804608 CV score: 5.589975e+14
Bandwidth: 2.80528 CV score: 5.589974e+14
Bandwidth: 2.808658 CV score: 5.589971e+14
Bandwidth: 2.808883 CV score: 5.589971e+14
Bandwidth: 2.808924 CV score: 5.589971e+14
Bandwidth: 2.808842 CV score: 5.589971e+14
Bandwidth: 2.808883 CV score: 5.589971e+14
```



```
> b3=gwr.sel(y~x1+x2+x3+x4,coords = cbind(ui,vi),data = data,a  
dapt = FALSE,gweight = gwr.tricube)
```

```
Bandwidth: 1.100442 CV score: 8.593066e+14
```

```
Bandwidth: 1.778775 CV score: 6.24829e+14
```

```
Bandwidth: 2.198008 CV score: 5.739004e+14
```

```
Bandwidth: 2.285762 CV score: 5.69137e+14
```

```
Bandwidth: 2.446642 CV score: 5.621485e+14
```

```
Bandwidth: 2.610773 CV score: 5.586807e+14
```

```
Bandwidth: 2.682595 CV score: 5.582118e+14
```

```
Bandwidth: 2.699447 CV score: 5.581738e+14
```

```
Bandwidth: 2.714365 CV score: 5.581604e+14
```

```
Bandwidth: 2.717462 CV score: 5.581599e+14
```

```
Bandwidth: 2.717932 CV score: 5.581599e+14
```

```
Bandwidth: 2.71798 CV score: 5.581599e+14
```

```
Bandwidth: 2.71802 CV score: 5.581599e+14
```

```
Bandwidth: 2.71798 CV score: 5.581599e+14
```

```
> b4=gwr.sel(y~x1+x2+x3+x4,coords = cbind(ui,vi),data = data,a  
dapt = TRUE,gweight = gwr.Gauss)
```

```
Adaptive q: 0.381966 CV score: 5.396447e+14
```

```
Adaptive q: 0.618034 CV score: 5.398813e+14
```

```
Adaptive q: 0.236068 CV score: 5.549728e+14
```

```
Adaptive q: 0.4981948 CV score: 5.385683e+14
```

```
Adaptive q: 0.4941472 CV score: 5.385683e+14
```

```
Adaptive q: 0.496171 CV score: 5.385683e+14
```

```
Adaptive q: 0.495398 CV score: 5.385683e+14
```

```
Adaptive q: 0.4949202 CV score: 5.385683e+14
```

```
Adaptive q: 0.4946249 CV score: 5.385683e+14
Adaptive q: 0.4951027 CV score: 5.385683e+14
Adaptive q: 0.4952155 CV score: 5.385683e+14
Adaptive q: 0.4952852 CV score: 5.385683e+14
Adaptive q: 0.4953283 CV score: 5.385683e+14
Adaptive q: 0.4953283 CV score: 5.385683e+14
> b5=gwr.sel(y~x1+x2+x3+x4,coords = cbind(ui,vi),data = data,a
dapt = TRUE,gweight = gwr.bisquare)
Adaptive q: 0.381966 CV score: 7.796177e+14
Adaptive q: 0.618034 CV score: 6.632277e+14
Adaptive q: 0.763932 CV score: 5.84623e+14
Adaptive q: 0.854102 CV score: 5.764294e+14
Adaptive q: 0.8329638 CV score: 5.766497e+14
Adaptive q: 0.848004 CV score: 5.764294e+14
Adaptive q: 0.851053 CV score: 5.764294e+14
Adaptive q: 0.8498884 CV score: 5.764294e+14
Adaptive q: 0.8491686 CV score: 5.764294e+14
Adaptive q: 0.8487237 CV score: 5.764294e+14
Adaptive q: 0.8484488 CV score: 5.764294e+14
Adaptive q: 0.8488087 CV score: 5.764294e+14
Adaptive q: 0.8486288 CV score: 5.764294e+14
Adaptive q: 0.848683 CV score: 5.764294e+14
Adaptive q: 0.8487644 CV score: 5.764294e+14
Adaptive q: 0.8487237 CV score: 5.764294e+14
> b6=gwr.sel(y~x1+x2+x3+x4,coords = cbind(ui,vi),data = data,a
dapt = TRUE,gweight = gwr.tricube)
```

```

Adaptive q: 0.381966 CV score: 7.772188e+14
Adaptive q: 0.618034 CV score: 6.562088e+14
Adaptive q: 0.763932 CV score: 5.814671e+14
Adaptive q: 0.854102 CV score: 5.720836e+14
Adaptive q: 0.8391063 CV score: 5.720836e+14
Adaptive q: 0.8466041 CV score: 5.720836e+14
Adaptive q: 0.8437402 CV score: 5.720836e+14
Adaptive q: 0.8419702 CV score: 5.720836e+14
Adaptive q: 0.8408763 CV score: 5.720836e+14
Adaptive q: 0.8402002 CV score: 5.720836e+14
Adaptive q: 0.8410852 CV score: 5.720836e+14
Adaptive q: 0.8406427 CV score: 5.720836e+14
Adaptive q: 0.8408356 CV score: 5.720836e+14
Adaptive q: 0.8409561 CV score: 5.720836e+14
Adaptive q: 0.8408763 CV score: 5.720836e+14
> #pemodelan GWR
> modelgwr=gwr(y~x1+x2+x3+x4,coords = cbind(ui,vi),data=dat
a,adapt = b4,hatmatrix = TRUE,gweight = gwr.Gauss)
> modelgwr
Call:
gwr(formula = y ~ x1 + x2 + x3 + x4, data = data, coords = cbind(u
i,
  vi), gweight = gwr.Gauss, adapt = b4, hatmatrix = TRUE)
Kernel function: gwr.Gauss
Adaptive quantile: 0.4953283 (about 52 of 105 data points)
Summary of GWR coefficient estimates at data points:
      Min. 1st Qu.  Median 3rd Qu.  Max.  Global
X.Intercept. -4.2505e+05 -1.6860e+05 -4.6416e+04 6.2599e+04
1.7733e+05 -3.8759e+05
x1      -3.7467e-03 5.1486e-03 2.3943e-02 6.2335e-02 8.389
1e-02 5.3700e-02

```

```

x2      -8.6401e-04 -3.2092e-04 4.2384e-04 1.0133e-03 1.246
8e-03 1.3000e-03
x3      -2.0021e-03 -1.0282e-03 1.0720e-03 2.2750e-03 2.932
1e-03 -8.0000e-04
x4      -3.2747e-04 -2.7349e-04 -1.2554e-04 -2.5905e-05 2.969
1e-05 -1.0000e-04
Number of data points: 105
Effective number of parameters (residual: 2traceS - traceS'S): 9.5
31785
Effective degrees of freedom (residual: 2traceS - traceS'S): 95.468
21
Sigma (residual: 2traceS - traceS'S): 1896217
Effective number of parameters (model: traceS): 7.788362
Effective degrees of freedom (model: traceS): 97.21164
Sigma (model: traceS): 1879136
Sigma (ML): 1808101
AICc (GWR p. 61, eq 2.33; p. 96, eq. 4.21): 3342.996
AIC (GWR p. 96, eq. 4.22): 3331.401
Residual sum of squares: 3.432691e+14
Quasi-global R2: 0.413259
> #estimasi parameter
> modelgwr$SDF$(Intercept)`
 [1] -101564.41 -22624.66 78075.08 -66864.41 -56374.58 -30
3193.04 -48135.30 -319985.01 -155146.89
 [10] -265808.24 -319041.69 -425046.13 -226212.82 -105403.10
62599.15 -168600.04 -128434.65 10808.65
 [19] 101941.78 14413.73 177329.80 41349.75 -49192.98 7
2029.60 48349.41 87888.94 92930.23
 [28] 24219.29 -46416.02 -189340.78 -228717.80 22097.53 1
76623.42 90752.95 18339.54 -101564.41
 [37] -22624.66 78075.08 -66864.41 -56374.58 -303193.04 -4
8135.30 -319985.01 -155146.89 -265808.24
 [46] -319041.69 -425046.13 -226212.82 -105403.10 62599.15
-168600.04 -128434.65 10808.65 101941.78
 [55] 14413.73 177329.80 41349.75 -49192.98 72029.60 48
349.41 87888.94 92930.23 24219.29
 [64] -46416.02 -189340.78 -228717.80 22097.53 176623.42
90752.95 18339.54 -101564.41 -22624.66

```

```

[73] 78075.08 -66864.41 -56374.58 -303193.04 -48135.30 -3
19985.01 -155146.89 -265808.24 -319041.69
[82] -425046.13 -226212.82 -105403.10 62599.15 -168600.04
-128434.65 10808.65 101941.78 14413.73
[91] 177329.80 41349.75 -49192.98 72029.60 48349.41 87
888.94 92930.23 24219.29 -46416.02
[100] -189340.78 -228717.80 22097.53 176623.42 90752.95
18339.54
> modelgwr$SDF$x1
[1] 0.0817843693 0.0838912080 0.0788415858 0.06233544
93 0.0810680523 0.0573674256 0.0506690125
[8] 0.0374562543 0.0049799592 0.0129181487 0.01612255
37 0.0239426372 0.0051485663 -0.0015478625
[15] -0.0037466989 0.0092629918 0.0085079745 0.00204049
99 -0.0005683663 0.0102521194 -0.0026759950
[22] 0.0072332444 0.0251193612 0.0190940338 0.02790046
54 0.0527727721 0.0665676119 0.0696778976
[29] 0.0737738301 0.0310654435 0.0085456401 -0.00100654
58 0.0022235428 0.0526074664 0.0698271863
[36] 0.0817843693 0.0838912080 0.0788415858 0.06233544
93 0.0810680523 0.0573674256 0.0506690125
[43] 0.0374562543 0.0049799592 0.0129181487 0.01612255
37 0.0239426372 0.0051485663 -0.0015478625
[50] -0.0037466989 0.0092629918 0.0085079745 0.00204049
99 -0.0005683663 0.0102521194 -0.0026759950
[57] 0.0072332444 0.0251193612 0.0190940338 0.02790046
54 0.0527727721 0.0665676119 0.0696778976
[64] 0.0737738301 0.0310654435 0.0085456401 -0.00100654
58 0.0022235428 0.0526074664 0.0698271863
[71] 0.0817843693 0.0838912080 0.0788415858 0.06233544
93 0.0810680523 0.0573674256 0.0506690125
[78] 0.0374562543 0.0049799592 0.0129181487 0.01612255
37 0.0239426372 0.0051485663 -0.0015478625
[85] -0.0037466989 0.0092629918 0.0085079745 0.00204049
99 -0.0005683663 0.0102521194 -0.0026759950
[92] 0.0072332444 0.0251193612 0.0190940338 0.02790046
54 0.0527727721 0.0665676119 0.0696778976
[99] 0.0737738301 0.0310654435 0.0085456401 -0.00100654
58 0.0022235428 0.0526074664 0.0698271863

```

```
> modelgwr$SDF$x2
```

```
[1] 1.093620e-03 9.766344e-04 1.013251e-03 1.018585e-03
9.449409e-04 9.397070e-04 9.003515e-04
[8] 6.272954e-04 -4.794314e-04 -1.130209e-04 8.956366e-05
4.096602e-04 -3.703077e-04 -7.409537e-04
[15] -8.640047e-04 4.070455e-06 5.365645e-06 -3.561065e-04
-5.249897e-04 2.539265e-04 -6.906138e-04
[22] -2.936910e-04 4.238419e-04 5.116897e-04 9.187666e-04
1.246781e-03 1.195172e-03 1.199473e-03
[29] 1.183275e-03 4.911399e-04 -2.376645e-04 -8.071881e-04
-3.209177e-04 1.244524e-03 1.200602e-03
[36] 1.093620e-03 9.766344e-04 1.013251e-03 1.018585e-03
9.449409e-04 9.397070e-04 9.003515e-04
[43] 6.272954e-04 -4.794314e-04 -1.130209e-04 8.956366e-05
4.096602e-04 -3.703077e-04 -7.409537e-04
[50] -8.640047e-04 4.070455e-06 5.365645e-06 -3.561065e-04
-5.249897e-04 2.539265e-04 -6.906138e-04
[57] -2.936910e-04 4.238419e-04 5.116897e-04 9.187666e-04
1.246781e-03 1.195172e-03 1.199473e-03
[64] 1.183275e-03 4.911399e-04 -2.376645e-04 -8.071881e-04
-3.209177e-04 1.244524e-03 1.200602e-03
[71] 1.093620e-03 9.766344e-04 1.013251e-03 1.018585e-03
9.449409e-04 9.397070e-04 9.003515e-04
[78] 6.272954e-04 -4.794314e-04 -1.130209e-04 8.956366e-05
4.096602e-04 -3.703077e-04 -7.409537e-04
[85] -8.640047e-04 4.070455e-06 5.365645e-06 -3.561065e-04
-5.249897e-04 2.539265e-04 -6.906138e-04
[92] -2.936910e-04 4.238419e-04 5.116897e-04 9.187666e-04
1.246781e-03 1.195172e-03 1.199473e-03
[99] 1.183275e-03 4.911399e-04 -2.376645e-04 -8.071881e-04
-3.209177e-04 1.244524e-03 1.200602e-03
```

```
> modelgwr$SDF$x3
```

```
[1] -0.0019816406 -0.0020021090 -0.0017466460 -0.00102817
71 -0.0018792219 -0.0008681790 -0.0003908078
[8] 0.0002202273 0.0023127657 0.0017247245 0.00145174
89 0.0008962409 0.0021941383 0.0027049163
[15] 0.0029321478 0.0018859705 0.0019457037 0.00245908
55 0.0026980742 0.0018698509 0.0029087799
```

```

[22] 0.0022749865 0.0010719885 0.0014097729 0.00080376
35 -0.0005507742 -0.0012176812 -0.0014003877
[29] -0.0016201420 0.0006627102 0.0019871269 0.00283306
83 0.0025815366 -0.0005400207 -0.0014104892
[36] -0.0019816406 -0.0020021090 -0.0017466460 -0.0010281
771 -0.0018792219 -0.0008681790 -0.0003908078
[43] 0.0002202273 0.0023127657 0.0017247245 0.00145174
89 0.0008962409 0.0021941383 0.0027049163
[50] 0.0029321478 0.0018859705 0.0019457037 0.00245908
55 0.0026980742 0.0018698509 0.0029087799
[57] 0.0022749865 0.0010719885 0.0014097729 0.00080376
35 -0.0005507742 -0.0012176812 -0.0014003877
[64] -0.0016201420 0.0006627102 0.0019871269 0.00283306
83 0.0025815366 -0.0005400207 -0.0014104892
[71] -0.0019816406 -0.0020021090 -0.0017466460 -0.0010281
771 -0.0018792219 -0.0008681790 -0.0003908078
[78] 0.0002202273 0.0023127657 0.0017247245 0.00145174
89 0.0008962409 0.0021941383 0.0027049163
[85] 0.0029321478 0.0018859705 0.0019457037 0.00245908
55 0.0026980742 0.0018698509 0.0029087799
[92] 0.0022749865 0.0010719885 0.0014097729 0.00080376
35 -0.0005507742 -0.0012176812 -0.0014003877
[99] -0.0016201420 0.0006627102 0.0019871269 0.00283306
83 0.0025815366 -0.0005400207 -0.0014104892
> modelgwr$SDF$x4
[1] -2.700575e-04 -3.011952e-04 -3.274681e-04 -2.449397e-04
-2.820216e-04 -1.379106e-04 -2.335547e-04
[8] -7.558416e-05 -1.195648e-05 -1.231891e-06 1.358728e-05
2.565069e-05 2.969054e-05 2.305106e-05
[15] -2.590455e-05 -1.205692e-05 -2.714580e-05 -5.029347e-0
5 -7.616261e-05 -1.149661e-04 -9.962089e-05
[22] -1.255447e-04 -1.633058e-04 -2.015033e-04 -2.231086e-0
4 -2.980377e-04 -3.163074e-04 -2.932489e-04
[29] -2.734855e-04 -1.143179e-04 1.162162e-05 -5.884793e-0
5 -1.535601e-04 -2.991766e-04 -2.912066e-04
[36] -2.700575e-04 -3.011952e-04 -3.274681e-04 -2.449397e-0
4 -2.820216e-04 -1.379106e-04 -2.335547e-04
[43] -7.558416e-05 -1.195648e-05 -1.231891e-06 1.358728e-0
5 2.565069e-05 2.969054e-05 2.305106e-05

```

[50] -2.590455e-05 -1.205692e-05 -2.714580e-05 -5.029347e-05  
 5 -7.616261e-05 -1.149661e-04 -9.962089e-05  
 [57] -1.255447e-04 -1.633058e-04 -2.015033e-04 -2.231086e-04  
 4 -2.980377e-04 -3.163074e-04 -2.932489e-04  
 [64] -2.734855e-04 -1.143179e-04 1.162162e-05 -5.884793e-05  
 5 -1.535601e-04 -2.991766e-04 -2.912066e-04  
 [71] -2.700575e-04 -3.011952e-04 -3.274681e-04 -2.449397e-04  
 4 -2.820216e-04 -1.379106e-04 -2.335547e-04  
 [78] -7.558416e-05 -1.195648e-05 -1.231891e-06 1.358728e-05  
 5 2.565069e-05 2.969054e-05 2.305106e-05  
 [85] -2.590455e-05 -1.205692e-05 -2.714580e-05 -5.029347e-05  
 5 -7.616261e-05 -1.149661e-04 -9.962089e-05  
 [92] -1.255447e-04 -1.633058e-04 -2.015033e-04 -2.231086e-04  
 4 -2.980377e-04 -3.163074e-04 -2.932489e-04  
 [99] -2.734855e-04 -1.143179e-04 1.162162e-05 -5.884793e-05  
 5 -1.535601e-04 -2.991766e-04 -2.912066e-04

> #nilai bandwidth di setiap lokasi

> modelgwr\$bandwidth

[1] 1.3644085 1.0250321 0.9859052 0.8133161 0.8887388 0.8577859  
 0.7208437 0.8200487 0.6970820 0.7790100  
 [11] 0.9351936 1.1445329 0.8473557 0.7732687 0.7981549 1.2378718  
 1.2369317 0.9947974 0.8708300 1.0530427  
 [21] 0.7691865 0.6496426 0.6994919 0.7525962 0.8577859 0.9076928  
 1.0386558 1.2500484 1.4688815 0.7436661  
 [31] 0.8434013 0.6307662 0.7211103 0.9003016 1.2690362 1.3644085  
 1.0250321 0.9859052 0.8133161 0.8887388  
 [41] 0.8577859 0.7208437 0.8200487 0.6970820 0.7790100 0.9351936  
 1.1445329 0.8473557 0.7732687 0.7981549  
 [51] 1.2378718 1.2369317 0.9947974 0.8708300 1.0530427 0.7691865  
 0.6496426 0.6994919 0.7525962 0.8577859  
 [61] 0.9076928 1.0386558 1.2500484 1.4688815 0.7436661 0.8434013  
 0.6307662 0.7211103 0.9003016 1.2690362  
 [71] 1.3644085 1.0250321 0.9859052 0.8133161 0.8887388 0.8577859  
 0.7208437 0.8200487 0.6970820 0.7790100  
 [81] 0.9351936 1.1445329 0.8473557 0.7732687 0.7981549 1.2378718  
 1.2369317 0.9947974 0.8708300 1.0530427  
 [91] 0.7691865 0.6496426 0.6994919 0.7525962 0.8577859 0.9076928  
 1.0386558 1.2500484 1.4688815 0.7436661



```

[101] 0.8434013 0.6307662 0.7211103 0.9003016 1.2690362
> #mencari nilai thitung
> (modelgwr$SDF$x1)/(modelgwr$SDF$x1_se)
[1] 5.45584338 5.47054524 5.24851158 4.34879027 5.3142
2510 4.03033532 3.51225717 2.58927656
[9] 0.29249799 0.79687324 1.02453658 1.58972768 0.3025
7571 -0.08672641 -0.20591226 0.55959234
[17] 0.51085255 0.11692824 -0.03214770 0.63207711 -0.150
33771 0.44099888 1.67412363 1.25736065
[25] 1.91788231 3.76622413 4.65507064 4.87063775 5.1096
0578 2.10836142 0.51738555 -0.05770232
[33] 0.13177046 3.75214649 4.88167933 5.45584338 5.4705
4524 5.24851158 4.34879027 5.31422510
[41] 4.03033532 3.51225717 2.58927656 0.29249799 0.7968
7324 1.02453658 1.58972768 0.30257571
[49] -0.08672641 -0.20591226 0.55959234 0.51085255 0.116
92824 -0.03214770 0.63207711 -0.15033771
[57] 0.44099888 1.67412363 1.25736065 1.91788231 3.7662
2413 4.65507064 4.87063775 5.10960578
[65] 2.10836142 0.51738555 -0.05770232 0.13177046 3.752
14649 4.88167933 5.45584338 5.47054524
[73] 5.24851158 4.34879027 5.31422510 4.03033532 3.5122
5717 2.58927656 0.29249799 0.79687324
[81] 1.02453658 1.58972768 0.30257571 -0.08672641 -0.205
91226 0.55959234 0.51085255 0.11692824
[89] -0.03214770 0.63207711 -0.15033771 0.44099888 1.674
12363 1.25736065 1.91788231 3.76622413
[97] 4.65507064 4.87063775 5.10960578 2.10836142 0.5173
8555 -0.05770232 0.13177046 3.75214649
[105] 4.88167933
> (modelgwr$SDF$x2)/(modelgwr$SDF$x2_se)
[1] 0.534271254 0.463443923 0.472899852 0.495572902 0.
449695285 0.468784856 0.431636431
[8] 0.308785130 -0.216743197 -0.052094431 0.042268678 0.
196264545 -0.166993840 -0.330087395
[15] -0.394192310 0.001958881 0.002586946 -0.168065234 -
0.246904935 0.125714017 -0.323594078
[22] -0.139016569 0.205920551 0.250695372 0.454072868 0.
593075292 0.562963703 0.577713375

```

[29] 0.579544413 0.240543577 -0.109928919 -0.367358400 -  
0.154041420 0.591260106 0.579296493

[36] 0.534271254 0.463443923 0.472899852 0.495572902 0.  
449695285 0.468784856 0.431636431

[43] 0.308785130 -0.216743197 -0.052094431 0.042268678 0  
.196264545 -0.166993840 -0.330087395

[50] -0.394192310 0.001958881 0.002586946 -0.168065234 -  
0.246904935 0.125714017 -0.323594078

[57] -0.139016569 0.205920551 0.250695372 0.454072868 0  
.593075292 0.562963703 0.577713375

[64] 0.579544413 0.240543577 -0.109928919 -0.367358400 -  
0.154041420 0.591260106 0.579296493

[71] 0.534271254 0.463443923 0.472899852 0.495572902 0.  
449695285 0.468784856 0.431636431

[78] 0.308785130 -0.216743197 -0.052094431 0.042268678 0  
.196264545 -0.166993840 -0.330087395

[85] -0.394192310 0.001958881 0.002586946 -0.168065234 -  
0.246904935 0.125714017 -0.323594078

[92] -0.139016569 0.205920551 0.250695372 0.454072868 0  
.593075292 0.562963703 0.577713375

[99] 0.579544413 0.240543577 -0.109928919 -0.367358400 -  
0.154041420 0.591260106 0.579296493

> (modelgwr\$SDF\$x3)/(modelgwr\$SDF\$x3\_se)

[1] -1.8916054 -1.8862127 -1.6608938 -0.9982753 -1.7707306  
-0.8460379 -0.3769455 0.2096427 1.8175395

[10] 1.4365155 1.2501732 0.8076962 1.7176786 2.0052513  
2.1655735 1.5709176 1.6164266 1.9368847

[19] 2.0933442 1.6183044 2.2319437 1.8930932 0.9872207  
1.2854436 0.7626158 -0.5372485 -1.1805394

[28] -1.3611611 -1.5720952 0.6206702 1.6193263 2.1662114  
2.1074782 -0.5265201 -1.3713159 -1.8916054

[37] -1.8862127 -1.6608938 -0.9982753 -1.7707306 -0.8460379  
-0.3769455 0.2096427 1.8175395 1.4365155

[46] 1.2501732 0.8076962 1.7176786 2.0052513 2.1655735  
1.5709176 1.6164266 1.9368847 2.0933442

[55] 1.6183044 2.2319437 1.8930932 0.9872207 1.2854436  
0.7626158 -0.5372485 -1.1805394 -1.3611611

[64] -1.5720952 0.6206702 1.6193263 2.1662114 2.1074782  
-0.5265201 -1.3713159 -1.8916054 -1.8862127

```

[73] -1.6608938 -0.9982753 -1.7707306 -0.8460379 -0.3769455
0.2096427 1.8175395 1.4365155 1.2501732
[82] 0.8076962 1.7176786 2.0052513 2.1655735 1.5709176
1.6164266 1.9368847 2.0933442 1.6183044
[91] 2.2319437 1.8930932 0.9872207 1.2854436 0.7626158 -
0.5372485 -1.1805394 -1.3611611 -1.5720952
[100] 0.6206702 1.6193263 2.1662114 2.1074782 -0.5265201
-1.3713159
> (modelgwr$SDF$x4)/(modelgwr$SDF$x4_se)
[1] -0.839698348 -0.912640104 -0.971096110 -0.757817005 -0
.857287469 -0.440281154 -0.718899783
[8] -0.239445854 -0.035253855 -0.003669634 0.040942416 0.
077754398 0.085874559 0.066260721
[15] -0.076751715 -0.037289696 -0.084279403 -0.153663297 -
0.231418763 -0.360609123 -0.300767030
[22] -0.385627536 -0.510769602 -0.622137175 -0.686742548 -
0.884086943 -0.934784393 -0.887655526
[29] -0.845259356 -0.361726911 0.034526366 -0.175719374 -
0.469059366 -0.886541920 -0.883161044
[36] -0.839698348 -0.912640104 -0.971096110 -0.757817005 -
0.857287469 -0.440281154 -0.718899783
[43] -0.239445854 -0.035253855 -0.003669634 0.040942416
0.077754398 0.085874559 0.066260721
[50] -0.076751715 -0.037289696 -0.084279403 -0.153663297 -
0.231418763 -0.360609123 -0.300767030
[57] -0.385627536 -0.510769602 -0.622137175 -0.686742548 -
0.884086943 -0.934784393 -0.887655526
[64] -0.845259356 -0.361726911 0.034526366 -0.175719374 -
0.469059366 -0.886541920 -0.883161044
[71] -0.839698348 -0.912640104 -0.971096110 -0.757817005 -
0.857287469 -0.440281154 -0.718899783
[78] -0.239445854 -0.035253855 -0.003669634 0.040942416
0.077754398 0.085874559 0.066260721
[85] -0.076751715 -0.037289696 -0.084279403 -0.153663297 -
0.231418763 -0.360609123 -0.300767030
[92] -0.385627536 -0.510769602 -0.622137175 -0.686742548 -
0.884086943 -0.934784393 -0.887655526

```

```
[99] -0.845259356 -0.361726911 0.034526366 -0.175719374 -  
0.469059366 -0.886541920 -0.883161044
```

```
> #uji kesesuaian model
```

```
> anova(modelgwr)
```

```
Analysis of Variance Table
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value
OLS Residuals	5.0000	4.2260e+14		
GWR Improvement	4.5318	7.9333e+13	1.7506e+13	
GWR Residuals	95.4682	3.4327e+14	3.5956e+12	4.8686

Lampiran 9 Jarak Euclid antar Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	35
1	0	0.37	0.57	0.865	0.579	1.02	0.997	1.275	1.614	1.637	...	0.869
2	0.37	0	0.33	0.496	0.221	0.678	0.627	0.924	1.254	1.286	...	0.772
3	0.570	0.33	0	0.465	0.413	0.801	0.582	0.997	1.277	1.337	...	0.465
4	0.865	0.496	0.465	0	0.324	0.388	0.132	0.538	0.813	0.872	...	0.854
5	0.579	0.221	0.413	0.324	0	0.458	0.445	0.703	1.036	1.065	...	0.877
6	1.02	0.678	0.80	0.388	0.458	0	0.37	0.26	0.612	0.619	...	1.23
7	0.997	0.627	0.582	0.132	0.445	0.370	0	0.455	0.697	0.765	...	0.936
8	1.275	0.924	0.997	0.538	0.703	0.260	0.455	0	0.352	0.362	...	1.388
9	1.614	1.254	1.277	0.813	1.036	0.612	0.697	0.352	0	0.121	...	1.614
10	1.637	1.286	1.337	0.872	1.065	0.619	0.765	0.362	0.121	0	...	1.695
11	1.833	1.485	1.537	1.071	1.263	0.814	0.962	0.56	0.275	0.2	...	1.887
12	2.058	1.728	1.816	1.353	1.507	1.049	1.254	0.820	0.592	0.495	...	2.188
13	1.955	1.6	1.631	1.167	1.380	0.939	1.05	0.68	0.354	0.319	...	1.960
14	1.96	1.597	1.59	1.135	1.381	0.965	1.009	0.705	0.353	0.381	...	1.884
15	2.044	1.674	1.59	1.180	1.477	1.134	1.048	0.90	0.594	0.681	...	1.798
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
35	0.869	0.772	0.465	0.854	0.877	1.23	0.936	1.38	1.614	1.695	...	0

Lampiran 10 Nilai Pembobot antar Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	35
1	1	0.963	0.916	0.817	0.913	0.756	0.765	0.646	0.496	0.486	...	0.816
2	0.936	1	0.949	0.889	0.976	0.803	0.828	0.665	0.472	0.454	...	0.753
3	0.846	0.945	1	0.894	0.915	0.718	0.839	0.599	0.431	0.398	...	0.894
4	0.567	0.829	0.848	1	0.923	0.892	0.986	0.803	0.606	0.562	...	0.576
5	0.808	0.969	0.897	0.935	1	0.875	0.881	0.731	0.506	0.487	...	0.613
6	0.493	0.731	0.646	0.902	0.866	1	0.910	0.954	0.775	0.77	...	0.357
7	0.384	0.684	0.721	0.983	0.826	0.876	1	0.818	0.626	0.569	...	0.43
8	0.298	0.529	0.477	0.805	0.692	0.950	0.856	1	0.911	0.906	...	0.238
9	0.068	0.197	0.186	0.506	0.331	0.680	0.606	0.880	1	0.984	...	0.068
10	0.109	0.255	0.228	0.534	0.392	0.728	0.617	0.897	0.987	1	...	0.093
11	0.146	0.283	0.259	0.518	0.401	0.684	0.589	0.835	0.957	0.977	...	0.130
12	0.198	0.319	0.283	0.496	0.419	0.656	0.548	0.773	0.874	0.91	...	0.16
13	0.069	0.167	0.156	0.387	0.265	0.541	0.463	0.724	0.916	0.931	...	0.068
14	0.0401	0.118	0.120	0.34	0.202	0.458	0.426	0.659	0.9	0.885	...	0.051
15	0.037	0.110	0.137	0.334	0.180	0.363	0.422	0.528	0.757	0.694	...	0.079
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
35	0.790	0.831	0.934	0.797	0.787	0.624	0.761	0.549	0.445	0.409	...	1

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP****A. Identitas Diri**

Nama : Erlin Pujiwati Ningsih  
Tempat & Tgl Lahir : Jepara, 7 April 2000  
Alamat Rumah : Desa Wedelan RT 02 RW 03  
Kec. Bangsri Kab. Jepara, Jawa  
Tengah  
No. Handphone : 081227801572  
E-Mail : [erlinwatiiii@gmail.com](mailto:erlinwatiiii@gmail.com)

**B. Riwayat Pendidikan**

1. SDN 1 Wedelan
2. SMPN 1 Bangsri
3. SMAN 1 Bangsri

Semarang, 30 Mei 2023



Erlin Pujiwati Ningsih  
NIM. 1908046037