

TUGAS ANALISIS DATA SPASIAL

**PEMODELAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED PANEL REGRESSION*
PADA PERTUMBUHAN PRODUK DOMESTIK REGIONAL BRUTO DI
PROVINSI SULAWESI SELATAN**



KELOMPOK 1

NUR ANUGRAH YUSUF	H051181004
RISKAYANI	H051181008
HAJRATUL ASHWAD K.	H051181009
YUSTIKA	H051181010
NURUL IKHSANI	H051181011
SRI INDRIANI AMIL	H051181012
NOVA	H051181013
NURUL NUR KHOLIFAH	H051181019
NURHIDAYA L.	H051181021
SONYA	H051181023
NOORMANTO HI ARMIN	H051181025
JUNI WAHDANIYAH	H051181309
WARDATUN SAYYIDAH	H051181311
RENI ROIHANAH	H051181312
MUSAFIR	H051181315
MUH. ISHAK	H051181321
RIFKA YULIA SARI IFADAH LATIF	H051181506

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga tugas laporan ini dapat tersusun hingga selesai. Tidak lupa kami mengucapkan terimakasih terhadap bantuan dari pihak yang telah berkontribusi dengan memberikan sumbangan baik pikiran maupun materinya.

Kami berharap semoga laporan ini dapat menambah pengetahuan dan pengalaman untuk pembaca. Bahkan kami berharap lebih jauh lagi agar laporan ini dapat dijadikan acuan dalam penelitian-penelitian analisis data spasial.

Kami yakin masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman kami. Untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Makassar, 07 April 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Model Regresi Linier Berganda	4
2.2 Estimasi Regresi Data Panel	5
2.2.1 Common Effect Model	5
2.2.2 Fixed Effect Model	6
2.2.3 Random Effect Model.....	7
2.3 Pemilihan Model Regresi Data Panel.....	7
2.3.1 Uji Chow	7
2.3.2 Uji Hausman	8
2.4 Pengujian Asumsi Regresi Data Panel	9
2.4.1 Asumsi Normalitas	9
2.4.2 Asumsi Homoskedastisitas	9
2.4.3 Asumsi Non-Autokorelasi	9
2.4.4 Asumsi Non-Multikolinieritas	10
2.5 Fungsi Pembobot Spasial	10
2.6 Geographically Weigted Regression (GWR)	11
2.6.1 Koordinat Spasial.....	11
2.6.2 Pemilihan Bandwith.....	12
2.6.3 Pemilihan Pembobot (<i>Weight</i>).....	12
2.6.4 Pengujian Hipotesis Model GWR.....	13
2.7 Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression	14
2.8 Pemilihan Pembobot model Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression(GWPR)	15
2.9 Estimasi Parameter model Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression (GWPR).....	15
2.10 Uji Signifikansi Parameter model Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression (GWPR)	16

2.11 Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Sumber Data	17
3.2 Metode Pengumpulan Data	17
3.3 Variabel Penelitian	17
3.4 Tahapan Analisis Data	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Deskripsi Data	19
4.2 Model Regresi Data Panel	20
4.2.1 Uji Multikolinearitas.....	20
4.2.2 Model Awal Data Panel	21
4.2.3 Pemilihan Model Regresi Data Panel	21
4.2.4 Pendugaan Parameter.....	23
4.2.5 Pengujian Asumsi Kenormalan Sisaan	23
4.3 Geographically Weighted Panel Regression Model.....	24
4.3.1 Uji Keragaman Spasial	24
4.3.2 Penentuan Bandwidth Optimum.....	25
4.3.3 Pemeriksaan Asumsi Model GWPR.....	27
4.3.4 Interpretasi Model.....	27
4.3.5 Signifikansi Parameter Model GWPR.....	27
BAB V PENUTUP.....	29
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN.....	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya di negara berkembang seperti Indonesia permasalahan pendapatan yang rendah dengan masalah kemiskinan merupakan permasalahan utama dalam pembangunan ekonomi. Menurut teori pertumbuhan ekonomi regional, kesenjangan adalah konsekuensi logis dari adanya proses pembangunan dan akan berubah sejalan dengan tingkat perubahan proses pembangunan itu sendiri. Paradigma pembangunan ekonomi yang terlalu berat menekankan pada pertumbuhan ekonomi daripada pemerataan pada masa-masa awal pembangunan ekonomi di Indonesia, diakui berbagai kalangan, pun ikut menyumbang pada ketimpangan mencolok dalam hal indikator sosial ekonomi antarprovinsi. (Dama dkk, 2016).

Salah satu indikator keberhasilan pelaksanaan pembangunan yang dapat dijadikan tolok ukur secara makro adalah pertumbuhan ekonomi yang dicerminkan dari perubahan PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) dalam suatu daerah. PDRB didefinisikan sebagai jumlah nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh unit usaha dalam suatu wilayah, atau merupakan jumlah seluruh nilai barang dan jasa akhir yang di hasilkan oleh seluruh unit ekonomi di suatu wilayah. Semakin tinggi pertumbuhan ekonomi suatu wilayah menandakan semakin baik kegiatan ekonomi daerah. Pertumbuhan ekonomi daerah tersebut ditunjukkan dari laju pertumbuhan PDRB atas dasar harga konstan. Dengan pertumbuhan ekonomi yang semakin meningkat berarti produksi dari jenis jasa maupun barang yang dihasilkan juga meningkat, dapat menyerap tenaga kerja dalam jumlah banyak. Sehingga pengangguran berkurang dan kemiskinan yang semakin menurun (Romhadhoni dkk, 2018).

Dinamika spasial pembangunan Indonesia memperlihatkan ketidakseimbangan antara Pulau Sulawesi dengan pulau-pulau lainnya atau antara Kawasan Barat Indonesia dengan Kawasan Timur Indonesia. Perkembangan antarprovinsi memperlihatkan bahwa di setiap provinsi pada umumnya mengalami peningkatan PDRB per kapita Adanya efek spasial merupakan hal yang lazim terjadi antara satu wilayah dengan wilayah yang lain. Penerapan pada regresi seringkali ditemukan

bahwa terdapat pengaruh spasial (lokasi) yang mempengaruhi model. Adanya efek spasial merupakan hal yang lazim terjadi antara satu wilayah dengan wilayah yang lain. Pada beberapa kasus, peubah tak bebas yang diamati memiliki keterkaitan dengan hasil pengamatan di wilayah yang berbeda, terutama wilayah yang berdekatan. Salah satu pendekatan yang memperhatikan lokasi pengamatan adalah dengan *Geographically Weighted Regression* (GWR). *Geographically Weighted Regression* (GWR) adalah suatu yang membawa kerangka dari model regresi sederhana menjadi model regresi terboboti. GWR adalah pengembangan dari kerangka regresi klasik yang menghasilkan penduga koefisien regresi model yang bersifat global menjadi regresi yang menghasilkan penduga koefisien regresi model yang bersifat lokal. Model GWR dibangun dari metode pendekatan titik, yaitu berdasarkan posisi koordinat garis lintang (latitude) dan garis bujur (longitude). Parameter untuk model regresi di setiap lokasi akan menghasilkan nilai yang berbeda-beda. GWR dapat mengakomodasi efek spasial, sehingga dapat menjelaskan hubungan antara variabel respon dan prediktor dengan lebih baik (Wati dan Utami, 2020).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan didapatkan rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana model *Geographically Weighted Panel Regression* yang terbentuk pada data Produk Domestik Regional Bruto di Provinsi Sulawesi Selatan?
2. Apa saja variabel yang mempengaruhi Produk Domestik Regional Bruto di Provinsi Sulawesi Selatan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penulisan ini adalah kasus Produk Domestik Regional Bruto pada tahun 2016-2019 yang berada di Provinsi Sulawesi Selatan yang terdiri dari 24 kabupaten/kota dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Panel Regression*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui model *Geographically Weighted Panel Regression* yang terbentuk pada data Produk Domestik Regional Bruto di Provinsi Sulawesi Selatan
2. Untuk mengetahui variabel yang berpengaruh pada Produk Domestik Regional Bruto di Sulawesi Selatan

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penulisan ini, yaitu:

1. Sebagai tugas pada mata kuliah analisis data spasial
2. Sebagai dokumentasi atas apa yang telah diteliti dan sebagai serana pengucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memiliki peran tersendiri dalam menyelesaikan perkuliahan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Model Regresi Linier Berganda

Analisis regresi linier berganda merupakan salah satu metode statistika yang digunakan untuk memodelkan hubungan sebuah variabel respon dengan dua atau lebih variabel penjelas (Montgomery, 2001). Secara matematis, model regresi linier berganda dapat disumuskan sebagai berikut:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, p$$

Dimana:

- y_i : Nilai pengamat ke- i dari variabel respon (dengan $i = 1, \dots, N$ dimana N merupakan banyaknya pengamatan)
- $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$: Koefisien regresi sebagai parameter
- X_{ij} : Nilai pengamatan ke- i dari variable predictor ke- j (dengan $j = 1, \dots, p$, dimana p merupakan banyaknya variabel predictor)
- ε_i : Error yang diasumsikan identic, independent, berdistribusi normal dengan rata-rata nol dan varians konstan ($\varepsilon_i \sim IIDN(0, \sigma^2)$).

Model persamaan regresi linier berganda dapat ditulis dalam bentuk matriks, sebagai berikut:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \tag{2.1}$$

$$\mathbf{Y} = (y_1 \quad y_2 \quad y_3 \quad \cdots \quad y_n)', \mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdots & x_{2p} \\ 1 & x_{31} & x_{32} & x_{33} & \cdots & x_{3p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix},$$

$$\boldsymbol{\beta} = (\beta_0 \quad \beta_1 \quad \beta_2 \quad \cdots \quad \beta_p)', \boldsymbol{\varepsilon} = (\varepsilon_1 \quad \varepsilon_2 \quad \varepsilon_3 \quad \cdots \quad \varepsilon_n)'$$

$$Y = n \times 1 ; X = n \times (p + 1) ; \beta = (p + 1) \times 1 ; \varepsilon = n \times 1$$

Estimasi parameter menggunakan metode OLS diperoleh:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y \quad (2.2)$$

2.2 Estimasi Regresi Data Panel

Dalam mengestimasi model regresi data panel, terdapat tiga pendekatan yang biasa digunakan, yaitu *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM). Pendekatan *Common Effect Model* secara sederhana menggabungkan seluruh data *time series* dan *cross section*, oleh karena itu *Common Effect Model* diestimasi dengan cara OLS (*Ordinary Least Square*). Pendekatan *Fixed Effect Model* mencerminkan perbedaan pada konstanta untuk *cross section* atau *time series*. Estimasi *Fixed Effect Model* dilakukan dengan cara menambahkan variable dummy (*Least Square Dummy Variable* atau LSDV). Pendekatan *Random Effect Model* memperhatikan efek istilah *error* di dalam model, yaitu komponen *error* dalam *cross section*, maupun komponen *error* dalam *time series*. Estimasi *Random Effect Model* dilakukan dengan cara *Generalized Least Square* (GLS). (Firdaus. 2018).

2.2.1 Common Effect Model

Menurut Baltagi, B. H. yang dikutip Firdaus (2018), model tanpa pengaruh individu (*common effect*) adalah pendugaan yang menggabungkan seluruh *data time series* dan *cross section* dan menggunakan pendekatan OLS (*Ordinary Least Square*) untuk menduga parameternya. Metode OLS merupakan salah satu metode populer untuk menduga nilai parameter dalam persamaan regresi linear.

Menurut Apriliawan, dkk. (2013), *Common Effect Model* seluruh data digabungkan baik data *cross section* maupun data *time series*, tanpa memperdulikan waktu dan tempat penelitian. Pada metode ini diasumsikan bahwa nilai intercept masing- masing variabel adalah sama, begitu pula slope koefisien untuk semua unit *cross section* dan *time series*.

Menurut Pangestika. (2015), Model *common effect* pada data panel mengasumsikan bahwa nilai intersep dan slope masing-masing variabel adalah sama untuk semua unit *cross section dan time series*. Adapun persamaannya:

$$y_{it} = \alpha_{it} + \mathbf{x}_{it}'\boldsymbol{\beta} + \varepsilon_{it} \quad (2.3)$$

Dimana:

$i = 1, \dots, N$ dan $t = 1, \dots, T$

y_{it} : Nilai pengamatan pada individu ke- i dan waktu ke- t dari variabel respon

α_{it} : Koefisien intersep dari individu ke- i dan waktu ke- t

\mathbf{x}_{it}' : Variabel predictor berupa vector berukuran $(1 \times K)$ untuk individu ke- i dan waktu ke- t dengan K adalah banyaknya variabel predictor

$\boldsymbol{\beta}$: Vector parameter berukuran $(1 \times K)$

ε_{it} : Nilai pengamatan individu ke- i dan waktu ke- t dari *error*

2.2.2 Fixed Effect Model

Adanya faktor-faktor penting yang tidak diikutsertakan dalam model memungkinkan adanya intersep yang berubah untuk setiap individu dan waktu, salah satu pendekatan untuk memperhatikan unit *cross -section* atau unit *time-series* adalah memasukkan variabel *dummy* untuk mengizinkan terjadinya perbedaan nilai parameter, baik lintas unit *cross-section* maupun antar unit *time series*, pendekatan ini disebut dengan *Least Square Dummy Variable* (LSDV). Penambahan *dummy* pada *Fixed Effect Model* diharapkan dapat mewakili ketidaklengkapan informasi dalam pembuatan model. Pendekatan yang paling sering dilakukan adalah mengizinkan intersep bervariasi antar unit *cross-section* namun *slope* koefisien diasumsikan konstan antar unit *cross section*. Persamaan untuk *Fixed Effect Model* adalah sebagai berikut:

$$y_{it} = \alpha_{it} + \mathbf{x}_{it}'\boldsymbol{\beta} + \varepsilon_{it} \quad (2.4)$$

α_{it} merupakan variabel acak dengan nilai rata-rata adalah β_0 sehingga nilai intersep yang berbeda untuk setiap lokasi pengamatan dapat ditulis $\alpha_{it} = \beta_0 + \varepsilon_i$.

2.2.3 Random Effect Model

Random Effect Model (REM) merupakan pendekatan dari data panel yang efek spesifik dari masing-masing individu diperlakukan sebagai bagian dari komponen *error* yang bersifat acak dan tidak berkorelasi dengan variabel prediktor yang diamati. Pada *Random Effect Model* individu yang digunakan merupakan individu yang dipilih secara acak dari populasi yang besar. Mengingat ada dua komponen yang berkontribusi dalam pembentukan *error*, maka *random error* pada REM juga perlu diurai menjadi *error* untuk komponen individu dan *error* gabungan. Metode yang dapat digunakan dalam mengestimasi model REM adalah *Generalized Least Square* (GLS). Persamaan untuk *Random Effect Model* adalah sebagai berikut:

$$y_{it} = \alpha_{it} + \mathbf{x}'_{it}\boldsymbol{\beta} + (\varepsilon_{it} + u_i) \quad (2.5)$$

Dimana:

ε_{it} : Kombinasi komponen *error* unit individu dan waktu

u_i : Komponen *error* unit individu

Data yang berkaitan dengan kewilayahan memiliki kondisi antar wilayah satu dengan yang lainnya berbeda dan seringkali wilayah yang satu dipengaruhi oleh wilayah lainnya yang berdekatan. Kondisi yang dipengaruhi oleh efek spasial atau kondisi geografis suatu wilayah penelitian memungkinkan adanya masalah spasial (dependensi spasial dan heterogenitas spasial). Apabila masalah spasial tidak diatasi maka akan mengakibatkan asumsi *error* antar observasi yang saling bebas secara spasial tidak terpenuhi dan akan mengakibatkan estimasi parameter menggunakan regresi klasik ataupun regresi data panel saja tidak cukup karena hasilnya menjadi tidak efisien. Oleh karena itu diperlukan pendekatan melalui analisis regresi terboboti secara geografis.

2.3 Pemilihan Model Regresi Data Panel

2.3.1 Uji Chow

Uji Chow digunakan untuk mengetahui model terbaik antara FEM dan CEM dengan melihat signifikansi model FEM melalui uji statistik F.

Hipotesis dan F statistik uji Chow yaitu sebagai berikut

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_i = \dots = 0$ (model *common effect*)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_i \neq 0$ (model *fixed effect*), $i = 1, 2, \dots, N$.

$$F_0 = \frac{(RSS_{CEM} - RSS_{FEM})/(n - 1)}{RSS_{FEM}/(nT - n - K)} \quad (2.6)$$

Dimana:

$RSS_{CEM} = \text{residual sum of square model common effect}$

$RSS_{FEM} = \text{residual sum of square model fixed effect}$

Hipotesis nol akan ditolak jika nilai F_0 lebih besar dari nilai $F_{(a; k-1; n-k)}$ pada tingkat signifikansi tertentu atau $p - \text{value} < \alpha$. Hal ini berarti asumsi koefisien intersep dan slope adalah sama tidak berlaku. Sehingga teknik regresi data panel dengan FEM lebih baik daripada model regresi data panel dengan CEM (Sutro dkk, 2020).

2.3.2 Uji Hausman

Uji Hausman digunakan untuk mengetahui model terbaik antara FEM dan REM dengan mengikuti kriteria Wald. Hipotesis untuk uji Hausman adalah sebagai berikut:

$H_0 : \text{model random effect}$

$H_1 : \text{model fixed effect}$

Nilai statistik uji Hausman akan mengikuti distribusi *chi-square* sebagai berikut:

$$W = \chi^2[p] = [\hat{\beta}_{FEM}, \hat{\beta}_{REM}]^T \left[\text{var}[\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM}] \right]^{-1} [\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM}] \quad (2.7)$$

Statistik uji Hausman mengikuti distribusi statistik χ^2 dengan derajat bebas sebanyak jumlah peubah bebas (p). Hipotesis nol ditolak jika nilai statistik Hausman lebih besar dari nilai kritis statistik $\chi^2_{(a, k)}$ atau $p - \text{value} < \alpha$. Berarti model yang tepat untuk regresi data panel adalah model FEM (Meutuah dkk, 2017).

2.4 Pengujian Asumsi Regresi Data Panel

2.4.1 Asumsi Normalitas

Uji Normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas ini menggunakan statistik uji yaitu **Shapiro-Wilk** dengan mengambil taraf signifikansi 5%. Pedoman pengambilan keputusan dengan mengambil taraf signifikansi 5% adalah sebagai berikut (Wiyana, 2012):

- Nilai signifikansi (sig) $< 0,05$, distribusi tidak normal.
- Nilai signifikansi (sig) $\geq 0,05$, distribusi normal.

2.4.2 Asumsi Homoskedastisitas

Homogenitas data secara spasial dapat diuji dengan menggunakan statistik uji Breusch Pagan (Uji BP) yang mempunyai hipotesis (Astuti, Yasin and Sugito, 2013) :

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$$

$$H_1: \text{minimal terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2$$

Nilai Uji BP adalah :

$$BP = (1/2)\mathbf{f}^T \mathbf{Z}(\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \sim \chi^2(p) \quad (2.8)$$

Dengan elemen vektor \mathbf{f} adalah

$$f_i = \left(\frac{e_i^2}{\sigma^2} \right)$$

dimana:

e_i : *least square residual* untuk observasi ke- i

\mathbf{Z} : matriks berukuran $n \times (p+1)$ yang berisi vektor yang sudah dinormal standarkan (z) untuk setiap observasi.

2.4.3 Asumsi Non-Autokorelasi

Hubungan yang terjadi antara residual dari pengamatan satu dengan pengamatan yang lain. Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi autokorelasi. Metode pengujian pada penelitian ini menggunakan uji *Durbin-Watson* (*DW test*). Untuk mendeteksi ada tidaknya autokorelasi maka nilai DW akan dibandingkan dengan DW tabel, dengan kriteria sebagai berikut (William, Sinaga and Widagdo, 2017):

- Jika $DW < dL$ atau $DW > 4-dL$ berarti terdapat autokorelasi.
- Jika DW terletak diantara dU dan $4-dU$ berarti tidak ada autokorelasi.

2.4.4 Asumsi Non-Multikolinieritas

Multikolineritas merupakan hubungan linier antar variabel independen di dalam model. Salah satu cara untuk mendeteksi adanya multikolineritas dalam data adalah dengan menghitung VIF (*Variance Inflation Factor*) dimana multikolineritas akan terdeteksi jika terdapat nilai VIF >10 (Sutro dkk, 2020).

2.5 Fungsi Pembobot Spasial

Pada analisis spasial, penaksiran parameter disuatu titik (u_i, v_i) akan lebih dipengaruhi oleh titik-titik yang dekat daripada titik-titik yang lebih jauh. Oleh karena itu, pemilihan pembobot spasial yang digunakan dalam menaksir parameter menjadi sangat penting (Lutifiani dkk, 2019). Pada penelitian ini digunakan fungsi pembobot *kernel fixed* yaitu fungsi *kernel* yang memiliki *bandwidth* yang sama pada setiap lokasi pengamatan. Pembobot yang terbentuk dari fungsi kernel fixed terdiri dari *gaussian*, *bisquare*, dan *tricube*.

a. *Gaussian*

$$w_{ij} = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right) \quad (2.9)$$

b. *Bisquare*

$$w_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0, & \text{untuk lainnya} \end{cases} \quad (2.10)$$

c. *Tricube*

$$w_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^3\right)^3, & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0, & \text{untuk lainnya} \end{cases} \quad (2.11)$$

d_{ij} adalah jarak antara titik di lokasi i dan lokasi j yang didapatkan dari jarak *euclidean* $d_{ij}^2 = (u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2$, Sementara h adalah *bandwidth* atau parameter penghalus yang merupakan pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan data (Desriwendi dkk, 2015).

Metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan *bandwidth* optimum adalah menggunakan pendekatan *cross validation* (CV). *Bandwidth* yang optimum diperoleh jika nilai CV yang dihasilkan adalah yang paling minimum. Berikut persamaan untuk mencari *cross validation* (CV):

$$CV = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_{\neq i}(h)]^2 \quad (2.12)$$

dengan $\hat{y}_{\neq i}(h)$ adalah nilai taksiran untuk y_i dengan menghilangkan observasi pada titik i dari proses pengujian parameter (Agustina dkk, 2015).

2.6 Geographically Weigted Regression (GWR)

Metode GWR adalah teknik yang membawa kerangka dari model regresi sederhana menjadi model regresi terboboti (Fotheringham dkk,2002). Model ini merupakan model regresi linier lokal (locally linier regression) yang menghasilkan penaksir parameter model yang bersifat lokal untuk setiap titik atau lokasi dimana data tersebut dikumpulkan. Dalam model GWR, variabel respon y ditaksir dengan variabel prediktor yang masing-masing koefisien regresinya tergantung pada lokasi dimana data tersebut diamati. Model GWR dapat ditulis sebagai berikut:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_j^k \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} + \varepsilon_i$$

Dimana:

y_i : nilai observasi variabel respon ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$)

x_{ij} : nilai observasi variabel predictor j pada pengamatan ke- i

β_j : vektor koefisien regresi, $j = 0, 1, 2, \dots, k$

(u_i, v_i) : menyatakan titik koordinat (longitude, latitude) lokasi ke- i

ε_i : error yang diasumsikan identik, independen dan berdistribusi normal dengan mean nol dan varians konstan σ^2

2.6.1 Koordinat Spasial

Variabel koordinat spasial *longitude* dan *latitude* merupakan variabel yang digunakan dalam pembobotan dalam pembentukan model GWR. *Longitude* adalah garis membujur yang menghubungkan antara sisi utara dan sisi selatan bumi (kutub)

yang digunakan untuk mengukur sisi barat-timur koordinat suatu titik dibelahan bumi. Sedangkan *latitude* adalah garis melintang diantara kutub utara dan kutub selatan yang menghubungkan antara sisi timur dan barat bagian bumi yang dijadikan ukuran dalam mengukur sisi utara-selatan koordinat suatu titik dibelahan bumi.

2.6.2 Pemilihan Bandwith

Ada beberapa metode yang digunakan untuk memilih bandwith optimum diantaranya adalah sebagai berikut (Fotheringham dkk,2002):

1. Cross Validation (CV)

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

2. Generalized Cross Validation (GCV)

$$GCV(h) = n \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(h))^2 / (n - v_i)^2$$

3. Akaike Information Criterion (AICc)

$$AIC_2 = 2_n \log_e(\hat{\sigma}) + n \log_e(2\pi) + n \left\{ \frac{n + \text{tr}(s)}{n - 2 - \text{tr}(s)} \right\}$$

4. Bayesian Information Criterion (BIC)

$$BIC = -2n \log_e(L) + k \log_e(n)$$

Dimana $\hat{y}_{\neq i}(h)$ adalah nilai dugaan y_i dengan pengamatan pada titik ke-i diabaikan dari proses kalibrasinya.

2.6.3 Pemilihan Pembobot (*Weight*)

Salah satu cara untuk mengatasi masalah diskontinuitas pada pembobot adalah dengan mendefinisikan $w_l(u_i, v_i)$ sebagai fungsi kontinu dari. Salah satu fungsi pembobot yang bisa digunakan adalah fungsi *Kernel Gaussian* dengan persamaan sebagai berikut (Fotheringham dkk, 2002):

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

dimana h adalah parameter *non negative* yang diketahui dan biasanya disebut parameter penghalus (*bandwidth*) dan d_{il} merupakan jarak Euclidean antara lokasi i dan lokasi l dengan

$$d_{il} = \sqrt{(u_i, v_i)^2 + (v_i - v_l)^2}$$

2.6.4 Pengujian Hipotesis Model GWR

1. Pengujian Kesesuaian Model

Pengujian hipotesis pada model GWR terdiri dari pengujian kesesuaian model GWR dan pengujian parameter model. Pengujian kesesuaian model GWR (goodness of fit) dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut (Yasin, 2011):

Hipotesis:

$H_0 : \beta_j(u_i, v_i) = \beta_j$ untuk setiap $j = 1, 2, 3, \dots, k$ dan $i = 1, 2, 3, \dots, n$ (tidak ada perbedaan

yang signifikan antara model regresi linier dan GWR)

H_1 : Paling sedikit ada satu $\beta_j(u_i, v_i) \neq \beta_j, j = 0, 1, 2, \dots, k$ (ada perbedaan yang signifikan antara model regresi linier dan GWR)

Taraf Signifikansi: $\alpha = 0,05$

Statistika Uji:

$$F^* = \frac{(SSR(H_0) - SSR(H_1))/\tau_1}{SSR(H_1)/\delta_1}$$

Kriteria Uji:

Tolak H_0 Jika $F^* > F_{tabel}(F_{\alpha, db_1, db_2})$

Dengan :

$$db_1 = \left(\frac{\tau_1^2}{\tau_2}\right) \text{ dan } db_2 = \left(\frac{\delta_1^2}{\delta_2}\right)$$

2. Pengujian Parameter Model

Pengujian parameter model dilakukan dengan menguji parameter secara parsial. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui parameter mana saja yang signifikan mempengaruhi variabel responnya. Bentuk hipotesisnya adalah sebagai berikut (Yasin, 2011):

Hipotesis:

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

$$H_1 : \beta_j(u_i, v_i) \neq 0 \text{ dengan } j = 0, 1, 2, \dots, k$$

Taraf Signifikansi: $\alpha = 0,05$

Statistika Uji:

$$T = \frac{\hat{\beta}(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{g_{jj}}}$$

dengan penaksir $\hat{\beta}(u_i, v_i)$ akan mengikuti distribusi normal dengan rata-rata $\beta(u_i, v_i)$ dan matrik kovarian $\mathbf{G}\mathbf{G}^T\sigma^2$, dimana $\mathbf{G} = (\mathbf{X}^T\mathbf{W}(u_i, v_i)\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{W}(u_i, v_i)$ Sehingga $\frac{\hat{\beta}(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{g_{jj}}} \sim N(0,1)$ dengan g_{jj} adalah elemen diagonal ke- j dari matrik kovarian, $\mathbf{G}\mathbf{G}^T$

Kriteria Uji:

Tolak H_0 , jika $|T| > t_{\frac{\alpha}{2}, db}$ dimana $db = \left[\frac{\delta_1^2}{\delta_2^2} \right]$

2.7 Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression

Geographically weighted panel regression (GWPR) merupakan model gabungan antara model GWR dan model regresi data panel yang melibatkan unsur waktu pada model GWR. Pada penelitian ini diasumsikan keadaan tiap unit pengamatan saling berbeda, sehingga digunakan regresi data panel dengan *Fixed Effect Model*. Berikut persamaan model *fixed effect geographically weighted panel regression* (Meutuah dkk, 2017):

$$y_{it} = \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) X_{itk} + \varepsilon_{it}$$

dengan:

y_{it} = variabel dependen pada lokasi pengamatan ke i pada waktu ke t

$\beta_k(u_i, v_i)$ = koefisien regresi variabel independen ke k pada lokasi pengamatan ke i

(u_i, v_i) = titik koordinat letak geografis lokasi pengamatan ke i

X_{itk}	= variabel independen ke – k pada lokasi pengamatan ke – i pada waktu ke – t
ε_{it}	= residual pengamatan ke – i pada waktu ke – t
k	= variabel prediktoe ke – k ; $k = 1, 2, \dots, p$
i	= lokasi pengamatan ; $i = 1, 2, \dots, N$
t	= waktu pengamatan ; $t = 1, 2, \dots, T$

2.8 Pemilihan Pembobot model Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression (GWPR)

Pembobot model GWPR sama dengan pada model GWR, yaitu tergantung pada jarak antar titik lokasi pengamatan. Salah satu pembobot yang dapat digunakan ialah fungsi kernel dimana fungsi ini memberikan pembobot sesuai bandwidth optimum yang nilainya berdasar pada kondisi data. Fungsi *Kernel Gaussian* merupakan jenis dari fungsi kernel yang memiliki bandwidth yang sama pada setiap titik lokasi dengan persamaan sebagai berikut (Lutfiani, 2017):

$$w_{ij} = e^{\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{b} \right)^2 \right]}$$

2.9 Estimasi Parameter model Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression (GWPR)

Estimasi parameter model fixed effect geographically weighted panel regression (GWPR) dapat menggunakan pendekatan weighted least square (WLS) sama seperti estimasi pada model geographically weighted regression (GWR) dimana dapat didefinisikan dalam persamaan berikut:

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

dimana $\hat{\beta}(u_i, v_i) = (\hat{\beta}_{i0}, \hat{\beta}_{i1}, \dots, \hat{\beta}_{ip})^T$ adalah vector koefisien lokal regresi dan $W(u_i, v_i)$ adalah matriks pembobot spasial pada lokasi pengamatan ke – i (Chotimah dkk, 2019).

2.10 Uji Signifikansi Parameter model Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression (GWPR)

Uji signifikansi parameter dilakukan untuk mengetahui parameter mana yang mempengaruhi variabel dependen secara signifikan. Adapun hipotesis pengujiannya adalah sebagai berikut:

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = 0 ; k = 1, 2, \dots, p \text{ dan } i = 1, 2, \dots, n$$

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq 0 ; k = 1, 2, \dots, p \text{ dan } i = 1, 2, \dots, n$$

dengan statistik uji yang digunakan adalah:

$$T_{hit} = \frac{\beta_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{C_{kk}}}$$

dimana $\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{SSE(H_1)}{\delta_1}}$ dan C_{kk} merupakan elemen diagonal ke $-k$ dari matriks $C_i C_i^T$ dimana $C_i = (X^T W((u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i))$. Adapun distribusi yang digunakan mengikuti distribusi t dengan derajat bebas $df = \frac{\delta_1^2}{\delta_2}$. Jika taraf signifikan adalah α , dan $|T_{hit}| > T_{(\frac{\alpha}{2}, df)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$ maka keputusan H_0 akan ditolak (Chotimah dkk, 2019).

2.11 Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

Produk Domestik Regional Bruto atau PDRB merupakan total seluruh nilai barang dan jasa akhir yang dihasilkan oleh seluruh unit ekonomi di suatu daerah tertentu. PDRB juga didefinisikan sebagai jumlah nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh unit usaha dalam suatu daerah (Romhadhoni dkk, 2018).

Produk Domestik Regional Bruto atas dasar harga berlaku merupakan jumlah nilai pendapatan, pengeluaran atau produksi yang dinilai dengan harga yang berlaku pada tahun yang bersangkutan dan dapat digunakan untuk melihat pergeseran dan struktur ekonomi. Produk Domestik Regional Bruto atas dasar harga konstan merupakan jumlah nilai pengeluaran, pendapatan atau produksi yang dinilai atas dasar harga tetap atau konstan pada tahun tertentu (Maimunah dkk, 2017).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif. Data kuantitatif adalah jenis data dalam penelitian yang dapat diukur, dihitung, serta dapat dideskripsikan dengan menggunakan angka. Sedangkan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh peneliti dari sumber yang sudah ada.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, metode pengumpulan data yang dilakukan yaitu melalui *website* Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Selatan.

3.3 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat dua variabel penelitian, adapun variable-variabel tersebut adalah:

1. Variabel independen adalah variabel yang mempengaruhi timbulnya variabel dependen (terikat). Adapun variable bebas dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:
 - X1: Jumlah Penduduk
 - X2: Indeks Pembangunan Manusia
 - X3: Jumlah Penduduk Miskin
2. Variabel dependen atau variabel terikat (Y) merupakan variabel yang dipengaruhi karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB).

3.4 Tahapan Analisis Data

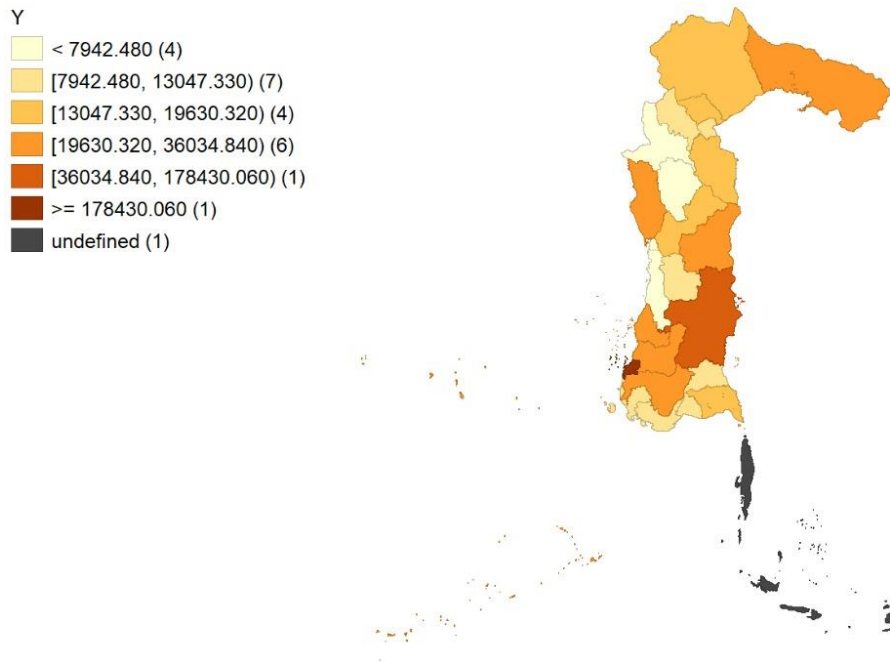
Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression* dengan menggunakan software R. Berikut langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis data dalam penelitian ini:

1. Eksplorasi data variabel dependen menggunakan analisis deskriptif
2. Analisis Regresi Data Panel
 - a. Melakukan uji multikolinieritas.
 - b. Melakukan estimasi *fixed effect model*, *common effect model*, dan *random effect model*.
 - c. Melakukan pemilihan model regresi data panel dengan uji Chow dan uji Hausman untuk memilih model diantara model *common effect* dengan model *fixed effect* dan model *fixed effect* dengan model *random effect*.
 - d. Melakukan pendugaan parameter dan uji parsial variabel penjelas model regresi panel.
 - e. Menguji asumsi kenormalan sisaan
3. Melakukan analisis model GWPR
 - a. Melakukan Uji Keragaman Spasial
 - b. Menentukan bandwidth optimum berdasarkan kriteria CV pada masing-masing tahun.
 - c. Memeriksa asumsi model GWPR
 - d. Menyusun model lokal GWPR
 - e. Menginterpretasi model
 - f. Menguji signifikansi parameter model GWPR
4. Memberikan kesimpulan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data

Pada bab ini dibahas deskripsi data PDRB pada tahun 2019 sebagai tahun terakhir. Provinsi Sulawesi selatan terdiri dari 24 kabupaten/kota. PDRB Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2019 sebesar 499134.3, peta penyebaran PDRB pada kabupaten/kota di provinsi Sulawesi Selatan dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Pola penyebaran PDRB tahun 2019

Kota yang memiliki nilai PDRB tertinggi di Sulawesi Selatan adalah kota Makassar dengan nilai PDRB sebesar 178430.1. Kabupaten/kota Bone menempati urutan kedua, yaitu sebesar 36034.84. Terdapat 4 kabupaten/kota dengan nilai PDRB yang tergolong rendah pada tahun 2019, yaitu Tana Toraja, Enrekang, Barru dan Pare-pare. Dari keempat kabupaten/kota tersebut, yang mempunyai nilai PDRB terendah adalah Pare-pare dengan nilai PDRB sebesar 7230.4.

Perbedaan PDRB suatu kabupaten/kota disebabkan oleh beberapa hal, yaitu jumlah penduduk miskin, indeks pembangunan manusia, jumlah penduduk, dan beberapa hal lainnya. Kabupaten/kota yang mempunyai nilai PDRB yang tinggi

biasanya adalah wilayah yang menjadi pusat pemerintahan, perekonomian dan industri. Kota Makassar memiliki nilai PDRB yang paling tinggi karena merupakan ibu kota provinsi Sulawesi Selatan.

Nilai koefisien korelasi antar variabel tertera pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Nilai koefisien korelasi antar variabel

	Y	X_1	X_2
X_1	0.508		
X_2	0.558	-0.165	
X_3	0.906	0.739	0.348

Nilai koefisien korelasi tertinggi sebesar 0.906. Variabel penjelas yang memiliki nilai korelasi tinggi dengan PDRB adalah variabel jumlah penduduk miskin (X_3) dengan nilai korelasi sebesar 0.906. Variabel penjelas yang memiliki nilai korelasi rendah dengan PDRB adalah jumlah penduduk (X_1) dengan nilai korelasi sebesar 0.508. Semua variabel penjelas memiliki nilai korelasi positif dengan PDRB.

4.2 Model Regresi Data Panel

Regresi data panel digunakan untuk memodelkan data lintas lokasi dan lintas waktu. Model regresi data panel digunakan untuk mengetahui variabel-variabel penjelas yang berpengaruh terhadap PDRB di Sulawesi Selatan tahun 2016-2019.

4.2.1 Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas dilakukan untuk mengetahui adanya korelasi diantara variabel-variabel penjelas yang digunakan. Uji ini dilakukan dengan menghitung nilai VIF (*Variance Inflation Factor*). Nilai VIF kurang dari 5 menunjukkan bahwa tidak terdapat multikolinearitas pada peubah penjelas yang dipakai. Nilai VIF dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Nilai VIF variabel penjelas

Variabel Penjelas	VIF
X ₁	3.995211
X ₂	2.062862
X ₃	4.423648

Tabel 4.2 memperlihatkan bahwa nilai VIF variabel penjelas kurang dari 5, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat multikolinearitas pada semua variabel penjelas yang dipakai dalam penelitian ini.

4.2.2 Model Awal Data Panel

Estimasi *common effect model* menggunakan software R, adapun hasil model regresi yang didapat adalah sebagai berikut:

$$\hat{y}_{it} = -101810 - 295.90X_{1it} + 0,0013388X_{2it} + 0,010116X_{3it}$$

Estimasi *fixed effect model* menggunakan software R, adapun hasil model regresi yang didapat adalah sebagai berikut:

$$\hat{y}_{it} = 143.222632X_{1it} - 928.365242X_{2it} + 0.805531X_{3it}$$

Estimasi *random effect model* menggunakan software R, adapun hasil model regresi yang didapat adalah sebagai berikut:

$$\hat{y}_{it} = -118020 - 485.97X_{1it} + 0,0015562X_{2it} + 0.012135X_{3it}$$

4.2.3 Pemilihan Model Regresi Data Panel

1. Uji Chow

Uji Chow digunakan untuk mengetahui model terbaik antara FEM dan CEM dengan melihat signifikansi model FEM melalui uji statistik F. Adapun Hipotesis ujinya yaitu sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_i = \dots = 0 \text{ (common effect model)}$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_i \neq 0 \text{ (fixed effect model), } i = 1, 2, \dots, N.$$

Dengan menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 5\% = 0,05$

Wilayah kritis: H_0 ditolak jika nilai F_0 lebih besar dari nilai $F_{(a;k-1;n-k)}$ pada tingkat signifikansi tertentu atau $p - \text{value} < \alpha$.

Adapun statistik uji sebagai berikut:

$$F_0 = \frac{(RSS_{CEM} - RSS_{FEM})/(n - 1)}{RSS_{FEM}/(nT - n - K)}$$

Dengan menggunakan bantuan *software* R studio diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil Uji Chow

F	82.63
df1	22
df2	66
p-value	$2,2 \times 10^{-16}$

Dari hasil yang diperoleh diatas, dapat dilihat bahwa nilai $p - value = 2,2 \times 10^{-16} < 0,05 = \alpha$ sehingga H_0 ditolak, artinya teknik regresi data panel dengan menggunakan *fixed effect model* lebih baik daripada model regresi data panel dengan menggunakan *common effect model*.

2. Uji Hausman

Uji Hausman digunakan untuk mengetahui model terbaik antara FEM dan REM dengan mengikuti kriteria Wald. Hipotesis untuk uji Hausman adalah sebagai berikut:

H_0 : *random effect model*

H_1 : *fixed effect model*

Taraf signifikansi $\alpha = 5\% = 0,05$

Wilayah kritis: H_0 ditolak jika nilai statistik Hausman lebih besar dari nilai kritis statistik $\chi^2_{(a,k)}$ atau $p - value < \alpha$.

Nilai statistik uji Hausman akan mengikuti distribusi *chi-square* sebagai berikut:

$$W = \chi^2[p] = [\hat{\beta}_{FEM}, \hat{\beta}_{REM}]^T \left[var[\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM}] \right]^{-1} [\hat{\beta}_{FEM} - \hat{\beta}_{REM}]$$

Dengan menggunakan bantuan *software* R studio diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Uji Hausman

χ^2	157.1
Df	3
p-value	$2,2 \times 10^{-16}$

Dari hasil yang diperoleh melalui program SPSS dapat dilihat bahwa nilai $p - value = 2,2 \times 10^{-16} < 0,05 = \alpha$ sehingga H_0 ditolak, artinya teknik regresi

data panel dengan *fixed effect model* lebih baik daripada model regresi data panel dengan *random effect model*.

4.2.4 Pendugaan Parameter

Hasil penduga parameter dan uji parsial variabel penjelas model regresi panel PDRB kabupaten/kota di Sulawesi Selatan tahun 2016-2019 dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.5 Penduga parameter regresi data panel dengan 4 peubah penjelas

Peubah	Koefisien	Galat baku	Nilai-p
X_1	143.222632	235.417	0.54502
X_2	-928.365242	478.103	0.05644
X_3	0.805531	0.054	2×10^{-16}

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa variabel jumlah penduduk miskin (X_3) yang berpengaruh secara signifikan terhadap PDRB di Sulawesi Selatan pada taraf nyata 5 persen. Nilai R^2 yang dihasilkan dari model ini sebesar 0.82121 dan R^2 *adjusted* sebesar 0.75348.

4.2.5 Pengujian Asumsi Kenormalan Sisaan

Uji asumsi kenormalan sisaan dilakukan dengan uji *Shapiro wilk*. Hasil uji diperoleh dengan nilai 0.77901 dengan nilai-p sebesar $1.934 \times 10^{-16} < 0.05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa sisaan tidak menyebar normal. Untuk mengatasi ketidaknormalan sisaan ini dilakukan dengan transformasi terhadap peubah respon.

Transformasi dilakukan dengan metode *Box-Cox*. Hasil transformasi *Box Cox* menggunakan R studio didapatkan nilai lambda minimum sebesar -0.758. Nilai lambda sebesar -0.758, sehingga transformasi yang tepat digunakan dalam penelitian ini adalah fungsi logaritma (log) pada peubah respon.

Hasil analisis regresi panel setelah dilakukan transformasi peubah respon dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Penduga parameter regresi data panel setelah transformasi

Peubah	Koefisien	Galat baku	Nilai-p
X ₁	0.00034539	0.00129176	0.79001
X ₂	0.05930910	0.00374390	2 x 10 ⁻¹⁶
X ₃	1.45561275	0.56233318	0.01184

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa terdapat dua variabel respon yang berpengaruh secara signifikan terhadap PDRB pada taraf kepercayaan 5%, yaitu variabel X2 dan variabel X3. Hasil model regresi panel menunjukkan bahwa semua peubah penjelas memiliki nilai koefisien yang positif. Hal ini berarti bahwa semua peubah penjelas memiliki hubungan positif terhadap ln(PDRB). Nilai R² yang dihasilkan dari model ini sebesar 0.95473 dan R² *adjusted* sebesar 0.93758. Nilai tersebut mengalami kenaikan dibandingkan dengan model yang tidak ditransformasi.

Pemeriksaan asumsi kenormalan sisaan model regresi hasil transformasi dilakukan dengan uji *Shapiro wilk*. Uji tersebut menghasilkan nilai 0.97558 dengan nilai-p sebesar 0.4475 > 0.05. Berdasarkan uji tersebut dapat disimpulkan bahwa sisaan sudah berdistribusi normal, sehingga asumsi kenormalan sisaan terpenuhi.

4.3 Geographically Weighted Panel Regression Model

Geographically Weighted Panel Regression Model digunakan pada data panel yang memiliki keragaman spasial. *Geographically Weighted Panel Regression Model* diawali dengan pemeriksaan keragaman spasial, penentuan *bandwith* optimum, pemeriksaan asumsi model, dan interpretasi model.

4.3.1 Uji Keragaman Spasial

Keragaman dalam suatu data menyebabkan model yang diperoleh tidak tepat untuk digunakan secara umum. Model regresi data panel tidak berlaku sama untuk semua lokasi pengamatan, yaitu seluruh kabupaten/kota di Sulawesi Selatan. Analisis secara lokal diperlukan untuk mengetahui karakteristik masing-masing kabupaten/kota di Sulawesi Selatan. Analisis secara lokal memperlihatkan bahwa

setiap peubah penjelas memberikan pengaruh yang berbeda-beda di setiap kabupaten/kota.

Secara statistik digunakan uji Breusch-Pagan untuk melihat keragaman spasial dalam model. Uji Breusch-Pagan menghasilkan nilai 8.8249 dengan nilai-p sebesar $0.03171 < 0.05$. Nilai-p lebih kecil dari taraf nyata 5 persen, sehingga dapat disimpulkan bahwa ragam lokasi tidak homogen. Model regresi data panel tersebut tidak dapat digunakan secara umum untuk semua kabupaten/kota di Jawa tengah, sehingga diperlukan analisis secara lokal untuk mengetahui karakteristik masing-masing kabupaten/kota. Selanjutnya untuk keragaman spasial pada data panel digunakan *Geographically Weighted Panel Regression Model*.

4.3.2 Penentuan Bandwidth Optimum

Model regresi panel tidak memenuhi asumsi kehomogenan ragam, sehingga pada penelitian ini digunakan GWPR model. Sama halnya dengan model GWR, langkah awal dalam GWPR Model adalah menentukan matriks pembobot. Matriks pembobot yang digunakan dalam penelitian ini adalah fungsi pembobot adaptif *Bisquare* yang menghasilkan bandwidth yang berbeda-beda di setiap lokasi. Penentuan *bandwidth* optimum dilakukan dengan menghitung nilai CV (*Cross Validation*). Nilai CV minimum pada masing-masing tahun dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Nilai CV minimum tahun 2016-2019

Tahun	CV
2016	1.087663
2017	0.8545532
2018	0.7749327
2019	0.7912206

Nilai CV yang dihasilkan ada sebanyak 4 nilai, yaitu nilai CV pada setiap tahun dari tahun 2016 sampai 2019. Nilai CV tertinggi ada pada tahun 2016 yaitu sebesar 1.087663.

Dari nilai CV yang didapat, nilai bandwidth optimum untuk setiap kabupaten/kota di Sulawesi Selatan dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Nilai Bandwidth optimum untuk setiap lokasi

Kota/Kabupaten	Bandwith Optimum
Bulukumba	0.09949507
Bantaeng	0.09949507
Jeneponto	0.11342136
Takalar	0.11342136
Gowa	0.12448126
Sinjai	0.11502160
Maros	0.11936261
Pangkep	0.12406159
Barru	0.14630972
Bone	0.20400147
Soppeng	0.15993179
Wajo	0.12379890
Sidrap	0.12379890
Pinrang	0.18342982
Enrekang	0.16862561
Luwu	0.15556360
Tana Toraja	0.08855356
Luwu Utara	0.19691436
Luwu Timur	0.44674825
Toraja Utara	0.08855356
Kota Makassar	0.11936261
Kota Pare Pare	0.18342982
Kota Palopo	0.14852219

4.3.3 Pemeriksaan Asumsi Model GWPR

1. Asumsi Normalitas

Berdasarkan output R, diperoleh *p-value* sebesar $0.4475 > 0.05$, dapat dikatakan tidak ada perbedaan antara data kita dengan data normal sehingga data berdistribusi normal.

2. Uji Homoskedastisitas

Berdasarkan output R, diperoleh *p-value* adalah $0.0317 < 0.05$, artinya H_0 ditolak sehingga data tidak bersifat homoskedastisitas. Dapat disimpulkan ada keragaman spasial pada data panel tersebut.

3. Uji Autokorelasi

Berdasarkan output R, diperoleh *p-value* adalah $0.1721 > 0.05$, sehingga dapat disimpulkan tidak ada autokorelasi .

4.3.4 Interpretasi Model

Model yang terbentuk akan berbeda pada setiap lokasi. Berikut salah satu model *fixed effect* GWPR yang terbentuk pada lokasi pengamatan Kabupaten Bulukumba:

$$\hat{y}_{1t} = 0,0021583857X_{1t1} + 0,06040087X_{1t2} + 2,16555X_{1t3}$$

Dengan

X_{1t1} : nilai Jumlah Penduduk Miskin untuk wilayah ke-1 tahun ke- t

X_{1t2} : nilai Indeks Pembangunan Manusia untuk wilayah ke-1 tahun ke- t

X_{1t3} : nilai Jumlah Penduduk untuk wilayah ke-1 tahun ke- t

4.3.5 Signifikansi Parameter Model GWPR

Pengujian signifikansi parameter GWPR diperoleh dari penjelasan bahwa jika nilai *p-value* $< \alpha$ (0.05) maka parameter variabel prediktor ke- k berpengaruh signifikan untuk lokasi ke- i . Nilai *p-value* model GWPR untuk Kabupaten/Kota di Sulawesi Selatan sebagai berikut.

Tabel 4.8 Nilai P-Value Untuk Setiap Lokasi

Kabupaten/kota	X1	X2	X3
Bulukumba	0.16	0	0.026
Bantaeng	0.291	0	0.021
Jeneponto	0.587	0	0.009
Takalar	0.61	0	0.005
Gowa	0.293	0	0.009
Sinjai	0.091	0	0.016
Maros	0.172	0	0.006
Pangkep	0.099	0	0.004
Barru	0.061	0	0.003
Bone	0.039	0	0.006
Soppeng	0.04	0	0.005
Wajo	0.075	0	0.004
Sidrap	0.278	0	0
Pinrang	0.292	0	0
Enrekang	0.797	0	0
Luwu	0.490	0	0.001
Tana Toraja	0.604	0	0.002
Luwu Utara	0.088	0	0.027
Luwu Timur	0.003	0.034	0.403
Toraja Utara	0.416	0.000	0.004
Makassar	0.396	0	0.005
Pare Pare	0.102	0	0.002
Palopo	0.254	0	0.005

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat untuk setiap Kota/Kabupaten di Sulawesi Selatan memiliki nilai value yang cenderung sama. Dari tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa parameter signifikan untuk setiap Kota/Kabupaten di Sulawesi Selatan adalah X2, yaitu Indeks Pembangunan Manusia karena nilai p-value < 0.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Model *Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression* dengan fungsi pembobot *fixed kernel Gaussian* sebagai contoh pada Kabupaten Bulukumba adalah sebagai berikut:

$$\hat{y}_{1t} = 0,0021583857X_{1t1} + 0,06040087X_{1t2} + 2,165553X_{1t3}$$

2. Diperoleh parameter yang signifikan dari model *Fixed Effect GWPR* adalah X_2 , yaitu indeks pembangunan manusia untuk setiap Kota/Kabupaten di Sulawesi Selatan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini estimasi model regresi data panel yang terpilih yaitu menggunakan *Fixed Effect Model* (FEM). pada penelitian ini berfokus pada kondisi tiap unit cross-section berbeda. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan model yang memasukkan unsur timenvariant.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan pembobot lain selain *kernel gaussian* seperti bisquare dan tricube.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, M. F., Wasono, R. dan Darsyah, M. Y. (2015). Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) Pada Tingkat Kemiskinan di Provinsi Jawa Tengah, *Jurnal Statistika*, **3**(2), 67-74.
- Chotimah, C., Sutikno, Setiawan. (2019). Modelling of Income Inequality in East Java Using Geographically Weighted Panel Regression, *IOP Publishing*.
- Desriwendi, Hoyyi, A. dan Wuryandari, T. (2015). Pemodelan Geographically Weighted Logistic Regression (Gwlr) Dengan Fungsi Pembobot Fixed Gaussian Kernel Dan Adaptive Gaussian Kernel, *JURNAL GAUSSIAN*, **4**(2), 193-204.
- Diputra, T. F., Sadik, K. dan Angraini, Y. (2015). Pemodelan Data Panel Spasial Dengan Dimensi Ruang Dan Waktu. *Indonesian Journal of Statistics*, **17**(1). 6-14.
- Firdaus, I.M. (2016). Analisis Pengaruh Jumlah Penumpang Terhadap Bagasi Tahun 2015 dan 2016 dengan Menggunakan Regresi Data Panel Melalui Pendekatan Common Effect Model, Fixed Effect Model, dan Random Effect Model. *Skripsi*.
- Fotheringham, A.S. Brundson, C. dan Charlton, M. 2002. *Geographically Weighted Regression*. Canada: John Wiley and Sons.
- Lutfiani, N., Sugiman dan Mariani, S. (2019). Pemodelan Geographically Weighted Regression (Gwr) Dengan Fungsi Pembobot Kernel Gaussian Dan Bi-Square. *UNNES Journal of Mathematics*, **8**(1), 82-91.
- Maimunah, S., Nur, I.M., Karim, A. (2017). Pemodelan Produk Domestik Regional Bruto (Pdrb) Di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Regresi Kuantil. *Statistika*, **5**(1), 22-36
- Meutuah, S.M., Yasin, H., Maruddani, D.A.I. (2017). Pemodelan Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression Untuk Indeks Pembangunan Manusia Di Jawa Tengah, *Jurnal Gaussian*, **6**(2), 241-250.
- Romhadhoni, P., Faizah, D.Z., Afifah, N. (2018). Pengaruh Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Daerah Terhadap Pertumbuhan Ekonomi dan Tingkat

Pengangguran Terbuka di Provinsi DKI Jakarta, *Jurnal Matematika Integratif*, **14**(2), 115-121.

Sutro, Yundari dan Martha, S. (2020). Pemodelan Fixed Effect Geographically Weighted Panel Regression Untuk Indeks Pembangunan Manusia Di Kalimantan Barat. *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*. **09**(3), 413-422.

Yasin, H. (2011). Pemilihan Variabel pada Model Geographically Weighted Regression. *Jurnal Media Statistika*. **4**(2).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Syntax GWPR Model

```
library(plm)
library(readxl)
library(spdep)
library(lmtest)
library(car)
library(spgwr)
library(GWmodel)

datagwpr<-read.csv('E:/Semester 6/Analisis Data
Spasial/Data Tugas Kelompok.csv', header=T, sep=',')
datagwpr

#Koefisisen korelasi antar variabel
cor.test(datagwpr$Y,datagwpr$X1)
cor.test(datagwpr$Y,datagwpr$X2)
cor.test(datagwpr$Y,datagwpr$X3)
cor.test(datagwpr$X1,datagwpr$X2)
cor.test(datagwpr$X1,datagwpr$X3)
cor.test(datagwpr$X2,datagwpr$X3)

#Uji Multikolinieritas
multikol=lm(Y~X1+X2+X3,data=datagwpr)
car::vif(multikol)

#Model Awal Data Panel
#common effect model
ce<-
plm(Y~X1+X2+X3,data=datagwpr,model="pooling",index=c("kab
upaten.kota","Tahun"))
summary(ce)

#fixed effect model
fe<-
plm(Y~X1+X2+X3,data=datagwpr,model="within",index=c("kabu
paten.kota","Tahun"))
summary(fe)

#random effect model
re<-
plm(Y~X1+X2+X3,data=datagwpr,model="random",index=c("kabu
```

```

paten.kota", "Tahun"))
summary(re)

#Pemilihan model regresi data panel
#Uji Chow
pFtest(fe,ce)

#Uji Hausman
phtest(fe,re)

#pendugaan parameter
modell1<-
plm(Y~X1+X2+X3,data=datagwpr,model="within",index=c("kabu
paten.kota", "Tahun"))
summary(modell1)

#Uji Asumsi Kenormalan
library(stats)
error=resid(modell1)
shapiro.test(error)

#transformasi variabel respon
powerTransform(datagwpr$Y)
p<-powerTransform(datagwpr$Y)
y<-bcPower(datagwpr$Y, p$lambda)
y
qqnorm(y)
qqline(y, col="red")

#penduga parameter setelah transformasi
datagwpr.trans<-read.csv('E:/Semester 6/Analisis Data
Spasial/Data Tugas Kelompok Trans.csv', header=T,
sep=',')
datagwpr.trans
model2<-
plm(Y~X1+X2+X3,data=datagwpr.trans,model="within",index=c
("kabupaten.kota", "Tahun"))
summary(model2)

library(stats)
error=resid(model2)
shapiro.test(error)

#Uji Keragaman Spasial
library(lmtest)

```

```

bptest(model2)

#Penentuan bandwidth optimum
data.sp.GWPR=datagwpr.trans
coordinates(data.sp.GWPR)=4:5
class(data.sp.GWPR)

bwd.GWPR=bw.gwr(Y~X1+X2+X3, data=data.sp.GWPR,

approach="CV", kernel="bisquare", adaptive=F)
hasil.GWPR=gwr.basic(Y~X1+X2+X3,
                      data=data.sp.GWPR,

bw=bwd.GWPR, kernel="bisquare", adaptive=F)

hasil.GWPR
#Menampilkan bandwidth tiap lokasi
Longlat=cbind(data.sp.GWPR$Long[1:23], data.sp.GWPR$Lat[1:
23])
bwd.lokasi=gw.adapt(dp=Longlat, fp=Longlat,
                    quant=hasil.GWPR$GW.arguments$bw/23)
bwd.lokasi=as.data.frame(bwd.lokasi)

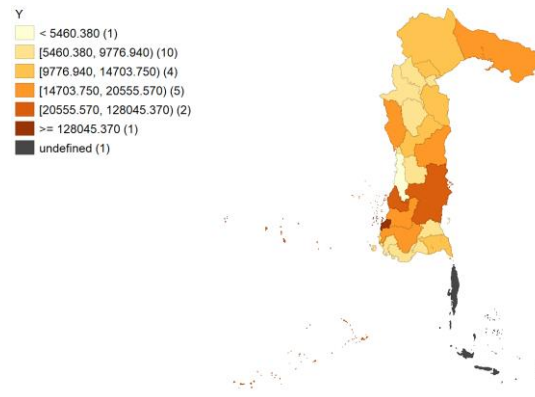
#Uji asumsi GWPR Model
#Uji asumsi normalitas
library(stats)
error=resid(model2)
shapiro.test(error)
#Uji Homokedastisitas
library(lmtest)
bptest(model2)
#Uji Autokorelasi
dwtest(datagwpr.trans$Y~datagwpr.trans$X1+datagwpr.trans$
X2+datagwpr.trans$X3)

#Estimasi parameter
parameter.GWPR=as.data.frame(hasil.GWPR$SDF[,2:5])[, -6]
View(parameter.GWPR)

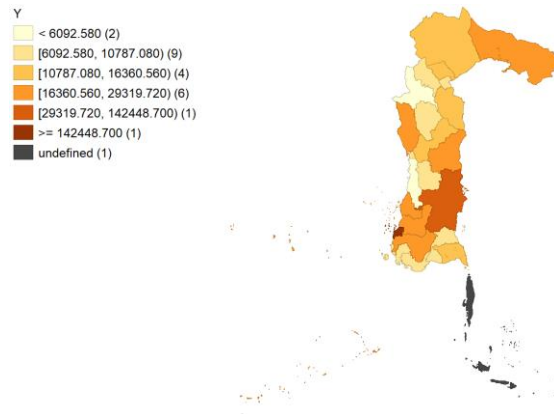
#P-value
p.value.GWPR=as.data.frame(gwr.t.adjust(hasil.GWPR)$resul
t$p)
View(p.value.GWPR)

```

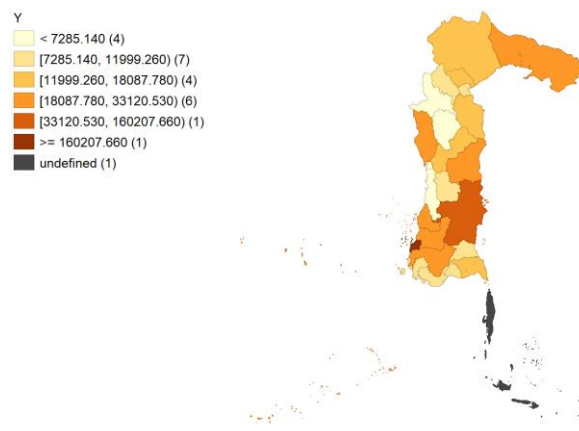
Lampiran 2. Pola Penyebaran PDRB Kabupaten/Kota di Sulawesi Selatan Tahun 2016-2018



Pola Penyebaran PDRB Kabupaten/Kota di Sulawesi Selatan Tahun 2016



Pola Penyebaran PDRB Kabupaten/Kota di Sulawesi Selatan Tahun 2017



Pola Penyebaran PDRB Kabupaten/Kota di Sulawesi Selatan Tahun 2018

