

**PENGGUNAAN *MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED*  
*REGRESSION* PADA DATA INDEKS KESEHATAN PROVINSI  
SULAWESI SELATAN TAHUN 2014**

**SKRIPSI**



**RESKI WAHYUNIK**

**H 121 13 021**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA  
DEPARTEMEN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
MEI 2017**

**PENGGUNAAN *MIXED GEOGRAPHICALLY  
WEIGHTED REGRESSION* PADA DATA INDEKS  
KESEHATAN PROVINSI SULAWESI SELATAN  
TAHUN 2014**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika  
pada Program Studi Statistika Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar

**RESKI WAHYUNIK**

**H121 13 021**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
MEI 2016**

**LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

**PENGGUNAAN *MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION*  
PADA DATA INDEKS KESEHATAN PROVINSI SULAWESI SELATAN  
TAHUN 2014**

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun.

Makassar, 26 Mei 2017



**RESKI WAHYUNIK**

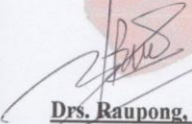
**NIM. H 121 13 021**

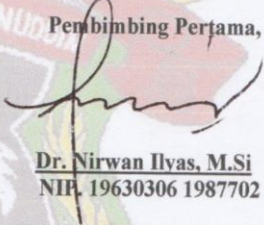
**PENGUNAAN *MIXED GEOGRAPHICALLY  
WEIGHTED REGRESSION* PADA DATA INDEKS  
KESEHATAN PROVINSI SULAWESI SELATAN  
TAHUN 2014**

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,

  
**Drs. Raupong, M.Si**  
NIP. 19621015 198810 1 001

  
**Dr. Nirwan Ilyas, M.Si**  
NIP. 19630306 1987702 1 002

Pada Tanggal : 26 Mei 2017

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : RESKI WAHYUNIK  
NIM : H121 13 021  
Program Studi : STATISTIKA  
Judul Skripsi : Penggunaan *Mixed Geographically Weighted Regression* pada Data Indeks Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2014

Telah berhasil dipertahankan dihadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

### DEWAN PENGUJI

#### Tanda Tangan

1. Ketua : Drs. M. Saleh AF., M.Si. (.....)
2. Sekretaris : Dr. Georgina M. Tinungki, M.Si. (.....)
3. Anggota : Sitti Sahrinan, S.Si, M.Si. (.....)
4. Anggota : Drs. Raupong, M.Si. (.....)
5. Anggota : Dr. Nirwan Ilyas M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 26 Mei 2017

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh.*

Segala puji bagi Allah *Rabb* semesta alam, shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW dan kepada para keluarga serta sahabat beliau. Alhamdulillah wasy-syukurillah, berkat pertolongan Allah akhirnya skripsi dengan judul "**Penggunaan *Mixed Geographically Weighted Regression* Pada Data Indeks Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2014**" yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar sarjana pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin ini dapat dirampungkan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan tambahan pengetahuan baru bagi para pembelajar statistika.

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang senantiasa membantu baik berupa materi, tenaga dan dukungan moral selama proses penyelesaian tulisan ini. Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada:

1. **Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Bapak Prof. Dr. Amir Kamal Amir, M.Sc** selaku Ketua Jurusan Matematika, **segenap dosen pengajar, staf jurusan Matematika**, dan **staf Fakultas MIPA**, yang telah membekali ilmu dan kemudahan-kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di jurusan Matematika.
2. **Drs. Raupong, M.Si** selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan begitu banyak waktunya dan senantiasa memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini.
3. **Dr. Nirwan Ilyas, M.Si** selaku dosen pembimbing pertama yang juga senantiasa memberikan saran dan kritikan dalam penulisan tugas akhir ini.
4. **Drs. M. Saleh AF., M.Si.** selaku ketua penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun untuk penulisan tugas akhir ini.

5. **Dr. Georgina M. Tinungki, M.Si.** selaku sekretaris penguji yang telah memberikan kritik dan banyak saran yang sangat berharga dalam perbaikan skripsi ini.
6. **Sitti Sahrinan, S.Si, M.Si** selaku anggota penguji serta penasehat akademik yang selama ini memberikan kritik yang membangun, saran dan dukungan pada penulis dalam perbaikan skripsi ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada orang-orang yang berperan besar dan istimewa kepada :

1. Kedua orangtua **Djadi** dan **Karsini**, sebagai sekolah pertama yang telah memberikan pelajaran, pendidikan dan dukungan untuk menjadi orang yang lebih baik. Kepada kakakku **Ribut Wahyudi** dan adikku **Riska Safitri** yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi untuk tidak mengeluh dalam menyelesaikan skripsi.
2. Sahabat-sahabat penulis yakni **Putri Indi Rahayu S.Si, Riska Arruan** dan **Nurwasari** yang mengisi hari-hari penulis selama beberapa tahun terakhir dalam menjalani rutinitas perkuliahan dan mendukung dalam menyelesaikan skripsi.
3. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Matematika, terkhusus **Jumraeni Zainuddin, Nirmalasari S.Si, Adhelia Ulfi S.Si, Egidia Triayu, A. Ade Asrindah, Eka Fahreza, Katherine Marselina M, Fitri Annisa, Nurul Ainun Abdullah S.Si, Arwan Muslimin S.Si, Irfan Taufik, Muh. Idil Islami, Anastasia S.Si, Geysa Fandrilla S.Si, Surya Ningsih S.Si** dan seluruh **STATISTIKA 2013** yang tidak sempat disebutkan. Terima kasih atas kebersamaannya dan bantuan yang diberikan kepada penulis selama ini. Semoga Allah membalas kebaikan kalian dengan yang lebih baik.
4. Seluruh teman-teman **KKN UNHAS GEL.93 Kec. Lilirilau, Soppeng** terkhusus kepada teman posko **Desa Paroto: Andi Siti Sri Hutami, Edwina Oktorina, Ayu Dhiya Mufidah, Dian Wihyana, Kak Iwan Setiawan, Kak Fahrul** dan **Jefrianto** yang telah menjadi teman serta

keluarga baru dan semoga kedepannya silaturahmi yang telah dibangun bersama tetap terjalin dengan baik.

5. Keluarga besar **HIMATIKA FMIPA UNHAS** terkhusus **Binomial 2013**, atas pertemuan kita dan menjadikan kalian bagian dari keluarga di kampus merah tercinta serta ilmu yang mungkin tak bisa didapatkan di proses perkuliahan di kelas.
6. Kepada **Awik Agustin S.M, Maya S.E** dan kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, semoga segala dukungan dan motivasi yang diberikan kepada penulis bernilai ibadah di sisi **Allah SWT**.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf dan sangat mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun sebagai bahan perbaikan dimasa yang akan datang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

*Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.*

Makassar, 26 Mei 2017

Penulis



**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reski Wahyunik  
NIM : H121 13 021  
Program Studi : Statistika  
Departemen : Matematika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Prediktor Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty- Free Right*)** atas tugas akhir saya yang berjudul:

**“Penggunaan *Mixed Geographically Weighted Regression* pada Data Indeks Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2014”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal, 26 Mei 2017

Yang menyatakan

(Reski Wahyunik)

## ABSTRAK

*Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) merupakan gabungan antara model regresi linear dan model *Geographically Weighted Regression* yang mempertimbangkan situasi, dimana beberapa variabel bersifat konstan dan beberapa lainnya bervariasi secara spasial. Model MGWR dapat dilakukan pada beberapa kasus yang mengandung keragaman spasial, seperti indeks kesehatan tahun 2014 di Provinsi Sulawesi Selatan. Berdasarkan hasil penggunaan model MGWR, diperoleh 24 model sesuai jumlah lokasi pengamatan, dengan variabel lokal yaitu persentase kematian bayi, persentase penduduk yang mengalami gangguan kesehatan selama sebulan, serta persentase balita gizi kurang. Adapun variabel global yaitu persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter. Secara umum variabel global berpengaruh signifikan untuk semua lokasi, sedangkan variabel lokal ada yang berpengaruh signifikan, dan adapula yang tidak berpengaruh sesuai dengan uji parsial untuk setiap lokasi.

Kata Kunci: *Mixed Geographically Weighted Regression*, *Geographically Weighted Regression*, Indeks Kesehatan

## ABSTRACT

*Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) is a combination of linear regression models and Geographically Weighted Regression model that take into account situations, where some variables are constant and some vary spatially. The MGWR model can be performed in some cases containing spatial heterogeneity, such as the health index of 2014 in South Sulawesi Province. Based on the results of MGWR model use, 24 models were obtained according to the number of observation locations, with local variables, percentage of infant mortality, percentage of population who experienced health problems for a month and the percentage of underfives less nutrition. As for global variable that is percentage of first birth attendant by doctor. In general, global variables have significant effect for all locations, while local variables have significant effect, and those that do not influence according to partial test for each location.*

*Keywords: Mixed Geographically Weighted Regression, Geographically Weighted Regression, The Health Index*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN KEOTENTIKAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengujian Heterogenitas Spasial.....	5
2.2 Regresi Linear Berganda.....	6
2.2.1 Pendugaan Parameter .....	6
2.3 Model <i>Geographically Weighted Regression</i> .....	7
2.3.1 Pendugaan Parameter .....	7
2.4 Model <i>Mixed Geographically Weighted Regression</i> .....	9
2.4.1 Pengujian Parameter .....	11
2.5 Penentuan <i>Bandwidth</i> .....	15
2.6 Pemilihan Pembobot .....	16
2.7 Indeks Kesehatan .....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Jenis dan Sumber Data.....	19
3.2 Identifikasi Variabel.....	19
3.3 Metode Analisis Data.....	20
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Pendugaan Parameter <i>Mixed Geographically Weighted Regression</i> .....	24
4.2 Penerapan Data .....	26
4.2.1 Pengujian Heterogenitas Spasial.....	26
4.2.2 Penentuan <i>Bandwidth</i> .....	27
4.2.3 Perhitungan Jarak <i>Euclidean</i> dan Matriks Pembobot ..	27

4.2.4	Pemodelan <i>Geographically Weighted Regression</i> .....	29
4.2.5	Pemodelan <i>Mixed Geographically Weighted Regression</i> .....	30
	A. Penentuan Variabel Global dan Lokal .....	30
	B. Pendugaan Parameter .....	30
	C. Pengujian Parameter .....	31
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan .....	34
5.2	Saran .....	34
	DAFTAR PUSTAKA .....	35
	LAMPIRAN.....	37

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Jarak <i>Euclidean</i> ( $d_{ij}$ ) dan Pembobot ( $w_{ij}$ ) dengan Kota Makassar .....	28
Tabel 4.2	Uji Simultan Variabel Global dan Lokal .....	32
Tabel 4.3	Uji Parsial Variabel lokal $X_1, X_2$ dan $X_4$ .....	33

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Indeks Kesehatan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2014 .....	38
Lampiran 2	Bandwidth Optimum dengan Fungsi Pembobot <i>Fixed Gaussian Kernel</i> .....	39
Lampiran 3	Matriks Jarak Euclidean antar Kabupaten/Kota.....	40
Lampiran 4	Pembobot $W_{ij}$ dengan Fungsi <i>Fixed Gaussian Kernel</i> .....	41
Lampiran 5	Nilai Penduga Parameter Model <i>Geographically Weighted Regression</i> .....	42
Lampiran 6(a)	Nilai Penduga Parameter Model <i>Mixed Geographically Weighted Regression</i> .....	43
Lampiran 6(b)	Model <i>Mixed Geographically Weighted Regression</i> untuk Setiap Lokasi.....	44
Lampiran 6(c)	Hasil Perhitungan Model <i>Mixed Geographically Weighted Regression</i> .....	45
Lampiran 7	Uji Kesesuaian Model dan Uji Simultan Parameter Model <i>Mixed Geographically Weighted Regression</i> .....	46
Lampiran 8	Uji Parsial Parameter Model <i>Mixed Geographically Weighted Regression</i> .....	47
Lampiran 9	Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) .....	48
Lampiran 10	Tabel Uji $F$ .....	49
Lampiran 11	Tabel Uji $t$ .....	50

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Analisis regresi linear merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk menyatakan pengaruh suatu variabel prediktor terhadap variabel respon. Analisis regresi mengasumsikan bahwa nilai taksiran dari parameternya akan bernilai sama untuk setiap lokasi pengamatan atau dengan kata lain nilai taksiran parameter tersebut bersifat global. Akan tetapi, tata letak geografis sangat mempengaruhi suatu model regresi linear.

Menurut Fotheringham dan Charlthton dalam Rosa (2015), segala sesuatu saling berhubungan satu dengan yang lainnya, tetapi sesuatu yang lebih dekat akan lebih berpengaruh daripada sesuatu yang jauh. Hubungan tersebut dinamakan dengan pengaruh spasial. Pengaruh spasial pada data tidak boleh diabaikan karena akan mengurangi kebaikan model dari suatu data sehingga diperlukan analisis yang memperhatikan faktor geografis dari suatu lokasi pengamatan. Hal ini perlu dilakukan karena tiap lokasi pengamatan diduga memiliki karakteristik yang berbeda sesuai dengan faktor geografisnya.

Fotheringham, *et al.* (2002) mengembangkan suatu metode yang digunakan dalam menganalisis suatu data spasial yang dikenal dengan nama model *Geographically Weighted Regression* (GWR). Model GWR merupakan pengembangan dari regresi linear dengan menambahkan faktor letak geografis sehingga setiap lokasi memiliki nilai parameter yang berbeda-beda. Model ini menghasilkan penaksir parameter yang bersifat lokal untuk setiap lokasi pengamatan. Akan tetapi, dalam beberapa kasus tingkat keragaman spasial pada beberapa koefisien bisa saja tidak signifikan atau bahkan dapat diabaikan. Oleh karena itu, Fotheringham, *et al.* (2002) juga mengembangkan model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR).



Model MGWR merupakan model gabungan antara regresi linier dengan model GWR yang mempertimbangkan situasi, dengan beberapa variabel berpengaruh secara lokal dan variabel lainnya berpengaruh secara global (Purhadi dan Yasin, 2012). Pada model ini, beberapa koefisien dari variabel prediktor diasumsikan konstan, sedangkan yang lainnya bervariasi secara spasial sesuai dengan lokasi pengamatan. Pendugaan parameter model MGWR dapat dilakukan dengan metode *Weighted Least Square* (WLS) dengan cara membentuk matriks pembobot untuk setiap lokasi pengamatan (Mei *et al.*, 2004).

Model MGWR dapat digunakan pada beberapa kasus yang mengandung keragaman spasial. Salah satunya yaitu indeks kesehatan pada suatu wilayah. Indeks kesehatan merupakan ukuran kualitas hidup manusia yang terdapat dalam indeks pembangunan manusia (IPM). IPM dibentuk melalui tiga dimensi dasar, salah satunya kesehatan yakni umur panjang dan sehat, pengetahuan dan kehidupan yang layak. Indeks kesehatan dari suatu wilayah berbeda-beda antara lokasi satu dengan lokasi lainnya. Akan tetapi, tidak dapat dipungkiri bahwa kemungkinan terdapat beberapa faktor yang berpengaruh secara global pada suatu lokasi pengamatan. Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2010), indeks kesehatan sangatlah penting untuk dianalisis, untuk mengetahui status kesehatan dan faktor penentu kesehatan.

Beberapa peneliti yang telah mengkaji tentang MGWR diantaranya yaitu Sariyya (2013) yang membahas tentang pemodelan MGWR sebagai pendekatan model GWR yang melibatkan parameter global dengan studi kasus persentasi balita gizi buruk di Jawa Timur tahun 2010. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu mendapatkan model MGWR dengan fungsi pembobot *fixed bisquare kernel* dan mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap persentase balita gizi buruk di setiap kota/kabupaten di Jawa Timur. Paramita (2014) membahas tentang estimasi model MGWR menggunakan fungsi pembobot *fixed kernel* pada data spasial. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk memodelkan data kemiskinan di Jawa Timur menggunakan model MGWR dengan fungsi pembobot *fixed kernel*. Kriteria kebaikan model yang digunakan adalah *akaike information criterion* (AIC) sebagai kriteria kebaikan model dengan fungsi pembobot *fixed kernel* khususnya *fixed bisquare kernel*.

Fungsi pembobot *fixed kernel* terdiri dari *fixed bisquare kernel* dan *fixed gaussian kernel*. Pada fungsi pembobot *fixed bisquare kernel*, nilai pembobot diberi nilai nol jika jarak antar lokasi lebih besar atau sama dengan *bandwidth* dan mendekati nilai satu jika jarak antar lokasi kurang dari nilai *bandwidth*. Sedangkan pada fungsi pembobot *fixed gaussian kernel*, nilai pembobot mendekati nilai satu seiring semakin dekatnya jarak antar lokasi dan semakin menurun seiring jauhnya jarak antar lokasi berdasarkan nilai *bandwidth* (Shara, 2012). Fungsi pembobot *fixed gaussian kernel* tetap memperhitungkan nilai pembobot meskipun nilai pembobot antar lokasi sangat kecil.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik untuk mengkaji tentang penggunaan MGWR dengan menggunakan fungsi pembobot *fixed gaussian kernel*, dengan data yang digunakan adalah data indeks kesehatan kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2014. Penelitian ini dilakukan di Provinsi Sulawesi Selatan dengan 24 lokasi pengamatan yang melibatkan letak geografis dari masing-masing lokasi pengamatan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang, permasalahan yang dapat dirumuskan adalah bagaimana penggunaan MGWR pada data indeks kesehatan tahun 2014 di Provinsi Sulawesi Selatan.

## **1.3 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini, permasalahan dibatasi pada data indeks kesehatan tahun 2014 di Provinsi Sulawesi Selatan yang mengandung heterogenitas spasial. Adapun fungsi pembobot yang digunakan yaitu pembobot *fixed gaussian kernel* dengan menggunakan penaksir parameter *weighted least square* (WLS).

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan model dugaan MGWR dan variabel prediktor yang berpengaruh secara signifikan pada indeks kesehatan tahun 2014 di Provinsi Sulawesi Selatan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu mendapatkan model MGWR dan mengetahui variabel prediktor mana saja yang mempengaruhi indeks kesehatan tahun 2014 di Provinsi Sulawesi Selatan dengan menggunakan pembobot *fixed gaussian kernel*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengujian Heterogenitas Spasial

Analisis terhadap data spasial memerlukan perhatian khusus dibandingkan dengan analisis data nonspasial, khususnya ketika menggunakan analisis regresi. Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam menganalisis data spasial adalah kemungkinan munculnya heterogenitas spasial (Anselin, 1988). Heterogenitas spasial muncul karena kondisi data dilokasi yang satu dengan lokasi yang lain tidak sama sehingga mengakibatkan parameter regresi bervariasi secara spasial.

Pengujian heterogenitas spasial dapat dilakukan dengan menggunakan statistik uji *Breusch-Pagan* (BP) dengan hipotesis :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2 \quad (\text{Tidak terdapat heterogenitas spasial})$$

$$H_1 : \text{ada } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{Ada heterogenitas spasial})$$

Statistik Uji:

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) \mathbf{f}^t \mathbf{Z} (\mathbf{Z}^t \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^t \mathbf{f} \sim \chi^2_{(\alpha, p+1)} \quad (2.1)$$

dengan elemen vektor  $\mathbf{f}$

$$f_i = \left(\frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1\right)$$

dengan:

$e_i$  = galat untuk observasi ke- $i$

$\sigma^2$  = ragam galat  $e_i$

$\mathbf{Z}$  = matriks berukuran  $n \times (p + 1)$  berisi vektor X yang telah terstandardisasi

$p$  = banyaknya variabel prediktor

Kriteria keputusan adalah tolak  $H_0$  jika  $BP > \chi^2_{(\alpha, p+1)}$  dengan  $\chi^2_{(\alpha, p+1)}$  merupakan titik kritis uji  $\chi^2$  dengan taraf signifikan  $\alpha$  dan derajat bebas  $(p + 1)$  sehingga dapat disimpulkan terdapat heterogenitas spasial (Rosa, 2015).

## 2.2 Regresi Linear Berganda

Analisis regresi linear berganda merupakan analisis yang digunakan untuk memperoleh hubungan secara linear antara dua atau lebih variabel prediktor dengan variabel respon. Tujuannya adalah untuk menduga besarnya koefisien regresi yang akan menunjukkan besarnya berpengaruh masing-masing variabel prediktor terhadap variabel respon. Model regresi linear berganda dapat dinyatakan sebagai berikut (Myers, 1990):

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.2)$$

dengan:

$y_i$  = nilai variabel respon pengamatan ke- $i$

$\beta_0$  = nilai intersep model regresi berganda

$\beta_k$  = parameter regresi variabel prediktor ke-  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, p$ )

$x_{ip}$  = nilai variabel prediktor pengamatan ke- $i$  pada item ke- $k$

$\varepsilon_i \stackrel{IID}{\sim} N(0, \sigma^2)$

### 2.2.1 Pendugaan Parameter

Pendugaan parameter dalam regresi linear berganda dapat diperoleh dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (MKT). Metode ini bertujuan untuk meminimumkan jumlah kuadrat galat. Pendugaan parameter menggunakan MKT dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut (Kutner *et al.*, 2004).

$$\sum \varepsilon_i^2 = \sum (y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i1} - \beta_2 X_{i2} - \dots - \beta_p X_{ip})^2$$

atau dalam bentuk matriks yaitu:

$$\boldsymbol{\varepsilon}^t \boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{y}^t \mathbf{y} - 2\boldsymbol{\beta}^t \mathbf{X}^t \mathbf{y} + \boldsymbol{\beta}^t \mathbf{X}^t \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}$$

Adapun penduga parameter untuk model regresi linear berganda dengan MKT adalah sebagai berikut:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = [\mathbf{X}^t \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^t \mathbf{y} \quad (2.3)$$

### 2.3 Model Geographically Weighted Regression

Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis data yang mengandung heterogenitas spasial (Yasin, 2011). Model GWR adalah pengembangan dari model regresi global yang penaksir parameternya dihitung pada setiap lokasi pengamatan sehingga setiap lokasi pengamatan mempunyai nilai parameter yang berbeda-beda. Model ini merupakan model regresi linear lokal yang menghasilkan penaksir parameter yang bersifat lokal untuk setiap titik lokasi data dikumpulkan. Model GWR dapat ditulis sebagai berikut (Fotheringham *et al.*, 2002):

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.4)$$

dengan :

$y_i$  = nilai variabel respon lokasi ke- $i$

$x_{ik}$  = nilai variabel prediktor  $k$  pada lokasi ke- $i$

$\beta_0(u_i, v_i)$  = nilai intersep model GWR

$\beta_k(u_i, v_i)$  = parameter regresi untuk setiap lokasi ke- $i$  ( $k = 1, 2, \dots, p$ )

$(u_i, v_i)$  = titik koordinat (lintang, bujur) pada lokasi ke- $i$

$\varepsilon_i \stackrel{IID}{\sim} N(0, \sigma^2)$

atau dalam bentuk matriks yaitu:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) + \boldsymbol{\varepsilon}$$

#### 2.3.1 Pendugaan Parameter

Pendugaan parameter dalam model GWR dapat diperoleh dengan menggunakan pendekatan *Weighted Least Square* (WLS), dengan cara memberikan pembobot yang berbeda untuk setiap lokasi. Pembobot tersebut berupa matriks diagonal dengan elemen-elemen diagonalnya adalah fungsi pembobot dari titik lokasi pengamatan (Maulani, 2013).

Misalkan matriks pembobot pada titik lokasi pengamatan ke- $i$  adalah  $\mathbf{W}_i(u_i, v_i)_{(n \times n)}$  maka dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\mathbf{W}_i(u_i, v_i)_{(n \times n)} = \begin{bmatrix} w_{i1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & w_{i2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & w_{in} \end{bmatrix}$$

dengan  $\mathbf{W}_i(u_i, v_i)$  merupakan matriks diagonal ( $n \times n$ ) dengan setiap elemen diagonalnya adalah pembobot untuk masing-masing titik lokasi pengamatan  $(u_i, v_i)$  atau  $w_{ij}(u_i, v_i)$ .

Misalkan pembobot untuk setiap titik lokasi pengamatan ke- $i$   $(u_i, v_i)$  adalah  $w_{ij}(u_i, v_i)$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , maka koefisien regresi pada titik lokasi pengamatan  $(u_i, v_i)$  ditaksir dengan menambahkan pembobot  $w_{ij}(u_i, v_i)$  pada persamaan (2.4) sebagai berikut:

$$\sum_{j=1}^n w_{ij}(u_i, v_i) \varepsilon_i^2 = \sum_{j=1}^n w_{ij}(u_i, v_i) [y_i - \beta_0(u_i, v_i) - \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik}]^2$$

atau dalam bentuk matriks yaitu:

$$\begin{aligned} \mathbf{R} &= \boldsymbol{\varepsilon}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \boldsymbol{\varepsilon} = (\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))^t \mathbf{W}(u_i, v_i) (\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \\ &= (\mathbf{y}^t - \boldsymbol{\beta}^t(u_i, v_i) \mathbf{X}^t) \mathbf{W}(u_i, v_i) (\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \\ &= (\mathbf{y}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) - \boldsymbol{\beta}^t(u_i, v_i) \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i)) (\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \\ &= \mathbf{y}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} - 2\boldsymbol{\beta}^t(u_i, v_i) \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} \\ &\quad + \boldsymbol{\beta}^t(u_i, v_i) \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) \end{aligned}$$

Adapun penduga parameter model GWR untuk setiap lokasi dengan  $\mathbf{R}$  diturunkan terhadap  $\boldsymbol{\beta}$  sama dengan nol (0) yaitu sebagai berikut:

$$\frac{\partial \mathbf{R}}{\partial \boldsymbol{\beta}} \Big|_{\boldsymbol{\beta}=\hat{\boldsymbol{\beta}}} = 0$$

$$\frac{\partial (\mathbf{y}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} - 2\boldsymbol{\beta}^t(u_i, v_i) \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} + \boldsymbol{\beta}^t(u_i, v_i) \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{\partial \boldsymbol{\beta}} = 0$$

$$-2\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} + 2\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}}(u_i, v_i) = 0$$

$$\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}}(u_i, v_i) = \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y}$$

$$[\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}}(u_i, v_i) = [\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y}$$

$$I \hat{\boldsymbol{\beta}}(u_i, v_i) = [\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y}$$

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}(u_i, v_i) = [\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} \quad (2.5)$$

dengan  $\mathbf{W}(u_i, v_i) = \text{diag}[w_1(u_i, v_i), w_2(u_i, v_i), \dots, w_n(u_i, v_i)]$

Misalkan  $\mathbf{x}_i^t = (1, x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$  adalah elemen baris ke- $i$  dari matriks  $\mathbf{X}$ , maka penduga variabel respon pada  $(u_i, v_i)$  dapat diperoleh dengan cara berikut:

$$\begin{aligned} \hat{y}_i &= \mathbf{x}_i^t \widehat{\boldsymbol{\beta}}(u_i, v_i) \\ &= \mathbf{x}_i^t \widehat{\boldsymbol{\beta}}(u_i, v_i) = \mathbf{x}_i^t [\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Sehingga seluruh pengamatan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{\mathbf{y}} = (\hat{y}_1, \hat{y}_2, \dots, \hat{y}_n)^t \text{ dan } \hat{\boldsymbol{\varepsilon}} = (\hat{\varepsilon}_1, \hat{\varepsilon}_2, \dots, \hat{\varepsilon}_n)^t$$

Atau dapat pula dituliskan sebagai:

$$\begin{cases} \hat{\mathbf{y}} = \mathbf{L} \mathbf{y} \\ \hat{\boldsymbol{\varepsilon}} = \mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}} = (\mathbf{I}_n - \mathbf{L}) \mathbf{y} \end{cases}$$

dengan  $\mathbf{I}_n$  adalah matriks identitas berukuran  $n \times n$  dan  $\mathbf{L}$  adalah matriks berukuran  $n \times n$  yang dapat dituliskan sebagai berikut (Mei, 2005):

$$\mathbf{L}_{n \times n} = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_1^t [\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_1, v_1) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_1, v_1) \\ \mathbf{x}_2^t [\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_2, v_2) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_2, v_2) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^t [\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_n, v_n) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_n, v_n) \end{pmatrix} \quad (2.7)$$

## 2.4 Model *Mixed Geographically Weighted Regression*

*Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)* adalah suatu metode pemodelan yang menggabungkan model regresi linear (global) dengan model regresi yang terboboti (GWR). Jika pada model GWR diketahui bahwa variabel prediktor tidak semuanya berpengaruh secara lokal dan ada variabel prediktor yang bersifat global maka model inilah yang disebut model MGWR. Pada model MGWR beberapa koefisien dalam model GWR diasumsikan konstan untuk seluruh lokasi pengamatan, sedangkan yang lain bervariasi sesuai lokasi pengamatan data (Purhadi dan Yasin, 2012).



Model MGWR dengan  $p$  variabel prediktor bersifat global dan  $q$  variabel prediktor lainnya bersifat lokal, dengan mengasumsikan bahwa intersep model bersifat lokal dapat dituliskan sebagai berikut (Fotheringham *et al.*, 2002):

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{l=1}^q \beta_l(u_i, v_i)x_{il} + \sum_{g=q+1}^p \beta_g x_{ig} + \varepsilon_i \quad (2.8)$$

dengan:

- $y_i$  = nilai variabel respon pada lokasi ke- $i$
- $x_{il}$  = nilai variabel prediktor  $l$  pada lokasi ke- $i$   $l = 1, 2, \dots, q$
- $x_{ig}$  = nilai variabel prediktor  $g$  pada lokasi ke- $i$   $g = q + 1, q + 2, \dots, p$
- $\beta_0(u_i, v_i)$  = nilai intersep pada pengamatan ke- $i$
- $\beta_l(u_i, v_i)$  = koefisien regresi observasi variabel prediktor ke- $l$  pada lokasi pengamatan ke- $i$
- $(u_i, v_i)$  = koordinat letak geografis (lintang, bujur) dari lokasi pengamatan ke- $i$
- $\beta_g$  = koefisien regresi observasi variabel prediktor ke- $g$
- $\varepsilon_i \stackrel{IID}{\sim} N(0, \sigma^2)$

atau dalam bentuk matriks adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}_l \boldsymbol{\beta}_l(u_i, v_i) + \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.9)$$

dengan:

- $\mathbf{X}_g$  = matriks variabel independen global
- $\mathbf{X}_l$  = matriks variabel independen lokal
- $\boldsymbol{\beta}_g$  = vektor parameter variabel independen global
- $\boldsymbol{\beta}_l(u_i, v_i)$  = matriks parameter variabel independen lokal

$$\mathbf{X}_l = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{1q} \\ 1 & x_{21} & \cdots & x_{2q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \cdots & x_{nq} \end{bmatrix}, \mathbf{X}_g = \begin{bmatrix} x_{1,(q+1)} & x_{1,(q+2)} & \cdots & x_{1,p} \\ x_{2,(q+1)} & x_{2,(q+2)} & \cdots & x_{2,p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n,(q+1)} & x_{n,(q+2)} & \cdots & x_{n,p} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \text{ dan } \boldsymbol{\beta}_l(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} \beta_0(u_i, v_i) \\ \beta_1(u_i, v_i) \\ \vdots \\ \beta_q(u_i, v_i) \end{bmatrix}, \boldsymbol{\beta}_g = \begin{bmatrix} \beta_{(q+1)} \\ \beta_{(q+2)} \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}, i = 1, 2, \dots, n$$

Selanjutnya model MGWR pada persamaan (2.9) dibentuk dalam model GWR sehingga diperoleh:

$$\tilde{\mathbf{y}} = \mathbf{y} - \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g = \mathbf{X}_l \boldsymbol{\beta}_l(u_i, v_i) + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.10)$$

Berdasarkan penduga parameter model GWR pada persamaan (2.5) diperoleh penduga parameter koefisien lokal pada persamaan (2.10) yakni:

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}_l(u_i, v_i) = [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \tilde{\mathbf{y}} \quad (2.11)$$

dengan  $\tilde{\mathbf{y}} = (\tilde{\mathbf{y}}_1, \tilde{\mathbf{y}}_2, \dots, \tilde{\mathbf{y}}_n)^t = \mathbf{y} - \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g$

Misalkan  $\mathbf{x}_{li}^t = (1, x_{li1}, x_{li2}, \dots, x_{liq})$  adalah elemen baris ke- $i$  dari matriks  $\mathbf{X}_l$ . Substitusi elemen dari  $\widehat{\boldsymbol{\beta}}_l(u_i, v_i)$  kedalam persamaan (2.10), sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mathbf{y} - \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g &= \mathbf{x}_{li}^t \widehat{\boldsymbol{\beta}}_l(u_i, v_i) + \boldsymbol{\varepsilon} \\ (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{y} &= (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g + \boldsymbol{\varepsilon} \end{aligned} \quad (2.12)$$

dengan  $\mathbf{I}_n$  adalah matriks identitas berukuran  $n \times n$  dan  $\mathbf{S}_l$  adalah matriks berukuran  $n \times n$  yang dapat dituliskan sebagai berikut

$$\mathbf{S}_l = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_{l1}^t [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_1, v_1) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_1, v_1) \\ \mathbf{x}_{l2}^t [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_2, v_2) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_2, v_2) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_{ln}^t [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_n, v_n) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_n, v_n) \end{pmatrix} \quad (2.13)$$

Berdasarkan MKT dapat diperoleh pendugaan koefisien konstan untuk parameter yang bersifat global pada model MGWR yaitu:

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}_g = [\mathbf{X}_g^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g]^{-1} \mathbf{X}_g^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{y} \quad (2.14)$$

dengan mensubstitusikan  $\widehat{\boldsymbol{\beta}}_g$  kedalam persamaan (2.11), maka diperoleh pendugaan untuk parameter lokal pada lokasi  $(u_i, v_i)$  pada persamaan (2.15) (Purhadi dan Yasin, 2012).

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}_l(u_i, v_i) = [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) (\mathbf{y} - \mathbf{X}_g \widehat{\boldsymbol{\beta}}_g) \quad (2.15)$$

#### 2.4.1 Pengujian Parameter

Pada model MGWR, terdapat beberapa uji yang perlu dilakukan untuk menguji parameter model MGWR. Adapun pengujian parameter model MGWR adalah sebagai berikut:

1. Uji kesesuaian model MGWR

Uji kesesuaian model MGWR dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan model lokal dan model global pada model MGWR. Bentuk hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_l(u_i, v_i) = \beta_g \quad l = 0, 1, 2, \dots, q \text{ dan } g = q + 1, q + 2, \dots, p$$

(tidak terdapat perbedaan variabel lokal dan variabel global pada model MGWR)

$$H_1 : \text{terdapat } \beta_l(u_i, v_i) \neq \beta_g$$

(terdapat perbedaan variabel lokal dan variabel global pada model MGWR)

Statistik uji:

$$F(1) = \frac{y^t[(I_n - H) - (I_n - S)^t(I_n - S)]y/v_1}{y^t(I_n - S)^t(I_n - S)y/u_1} \quad (2.16)$$

dengan:

$$u_m = \text{tr}([(I_n - S)^t(I_n - S)]^m),$$

$$v_m = \text{tr}([(I_n - H)^t - (I_n - S)^t(I_n - S)]^m), \quad m = 1, 2$$

$$H = X(X^tX)^{-1}X^t$$

$$S = S_l + (I_n - S_l)X_g[X_g^t(I_n - S_l)^t(I_n - S_l)X_g]^{-1}X_g^t(I_n - S_l)^t(I_n - S_l)$$

Keputusan tolak  $H_0$ , jika  $F(1) > F_{\alpha, df_1, df_2}$  dengan derajat bebas  $df_1 = \left[ \frac{v_1^2}{v_2} \right]$  dan  $df_2 = \left[ \frac{u_1^2}{u_2} \right]$  sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan variabel lokal dan variabel global pada model MGWR.

2. Uji Simultan Parameter Model MGWR

Uji simultan digunakan untuk mengetahui signifikansi variabel-variabel prediktor pada model MGWR. Uji simultan pada model MGWR ada 2 yaitu pengujian simultan pada variabel prediktor global dan lokal.

a. Uji Simultan Variabel Global

Bentuk hipotesis untuk pengujian simultan variabel prediktor global adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_{q+1} = \beta_{q+2} = \dots = \beta_p = 0$$

(tidak terdapat pengaruh variabel global terhadap variabel respon pada model MGWR)

$$H_1 : \text{terdapat } \beta_g \neq 0 \quad g = q + 1, q + 2, \dots, p$$

(terdapat pengaruh variabel global terhadap variabel respon pada model MGWR)

Statistik uji:

$$F(2) = \frac{y^t[(I_n - S_l)^t(I_n - S_l) - (I_n - S)^t(I_n - S)]y/r_1}{y^t(I_n - S)^t(I_n - S)y/u_1} \quad (2.17)$$

dengan

$$r_m = \text{tr}([(I_n - S_l)^t(I_n - S_l) - (I_n - S)^t(I_n - S)]^m), \quad m = 1, 2$$

Keputusan tolak  $H_0$ , jika  $F(2) > F_{\alpha, df_1, df_2}$  dengan derajat bebas  $df_1 = \left[ \frac{r_1^2}{r_2} \right]$ ,

$df_2 = \left[ \frac{u_1^2}{u_2} \right]$  sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh variabel global

terhadap variabel respon pada model MGWR.

b. Uji Simultan Variabel Lokal

Bentuk hipotesis untuk pengujian simultan pada variabel prediktor lokal adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_q(u_i, v_i) = 0$$

(tidak terdapat pengaruh variabel lokal terhadap variabel respon pada model MGWR)

$$H_1 : \text{terdapat } \beta_l(u_i, v_i) \neq 0 \quad l = 1, 2, \dots, q$$

(terdapat pengaruh variabel lokal terhadap variabel respon pada model MGWR)

Statistik uji:

$$F(3) = \frac{y^t[(I_n - S_g)^t(I_n - S_g) - (I_n - S)^t(I_n - S)]y/t_1}{y^t(I_n - S)^T(I_n - S)y/u_1} \quad (2.18)$$

dengan

$$S_g = X_g(X_g^t X_g)^{-1} X_g^t;$$

$$t_m = \text{tr} \left( \left[ (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_g)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_g) - (\mathbf{I}_n - \mathbf{S})^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}) \right]^m \right) \quad m = 1, 2$$

Keputusan tolak  $H_0$ , jika  $F(3) > F_{\alpha, df_1, df_2}$  dengan derajat bebas  $df_1 = \left[ \frac{t_1^2}{t_2} \right]$ ,  $df_2 = \left[ \frac{u_1^2}{u_2} \right]$  sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh variabel lokal terhadap variabel respon pada model MGWR.

### 3. Uji Parsial Parameter Model MGWR

Uji parsial parameter model MGWR digunakan untuk mengetahui variabel global dan variabel lokal yang berpengaruh signifikan terhadap respon pada model MGWR.

#### a. Uji Parsial Variabel Global

Untuk mealakukan uji parsial variabel global, hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_g = 0 \quad g = q + 1, q + 2, \dots, p$$

(variabel global tidak berpengaruh terhadap variabel respon)

$$H_1 : \beta_g \neq 0$$

(variabel global berpengaruh terhadap variabel respon)

Statistik Uji:

$$t_g = \frac{\hat{\beta}_g}{\hat{\sigma} \sqrt{g_{kk}}} \quad (2.19)$$

dengan  $g_{kk}$  adalah elemen diagonal yang sesuai dari matriks  $\mathbf{G}\mathbf{G}^t$

$$\mathbf{G} = [\mathbf{X}_g^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g]^{-1} \mathbf{X}_g^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\mathbf{y}^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S})^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}) \mathbf{y}}{\text{tr}[(\mathbf{I}_n - \mathbf{S})^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S})]}$$

Keputusan tolak  $H_0$ , jika  $|t_g| > t_{\frac{\alpha}{2}, df}$  dengan derajat bebas  $df = \left[ \frac{u_1^2}{u_2} \right]$  dapat disimpulkan bahwa variabel global berpengaruh terhadap variabel respon pada model MGWR.

b. Uji Parsial Variabel Lokal

Untuk melakukan uji parsial variabel lokal, hipotesis yang digunakan yaitu sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_l(u_i, v_i) = 0 \quad l = 1, 2, \dots, q$$

(variabel lokal pada lokasi ke- $i$  tidak berpengaruh terhadap variabel respon pada model MGWR)

$$H_1 : \beta_l(u_i, v_i) \neq 0$$

(variabel lokal pada lokasi ke- $i$  berpengaruh terhadap variabel respon pada model MGWR)

Statistik Uji:

$$t_l = \frac{\hat{\beta}_l(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{m_{kk}}} \quad (2.20)$$

dengan  $m_{kk}$  adalah elemen diagonal yang sesuai dari matriks  $MM^T$

$$M = [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) (\mathbf{I}_n - \mathbf{X}_g \mathbf{G})$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\mathbf{y}^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S})^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}) \mathbf{y}}{\text{tr}[(\mathbf{I}_n - \mathbf{S})^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S})]}$$

Keputusan tolak  $H_0$ , jika  $|t_l| > t_{\frac{\alpha}{2}, df}$  dengan derajat bebas  $df = \left[ \frac{u_1^2}{u_2} \right]$  sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel lokal pada lokasi ke- $i$  berpengaruh terhadap variabel respon pada model MGWR (Purhadi dan Yasin, 2012).

## 2.5 Penentuan *Bandwidth*

Secara teoritis, *bandwidth* dapat didefinisikan sebagai lingkaran dengan radius  $h$  dari titik pusat lokasi. Pengamatan yang terletak dekat dengan lokasi  $i$  akan lebih berpengaruh dalam pendugaan parameter model di setiap lokasi. Karena itu pengamatan-pengamatan yang terletak di radius  $h$  masih dianggap berpengaruh terhadap model pada lokasi tersebut sehingga diberikan bobot tergantung pada fungsi yang digunakan (Mei, 2005).

Pemilihan *bandwidth* sangatlah penting karena berpengaruh pada ketepatan model terhadap data. Menurut Fotheringham, *et al.* (2002), metode yang dapat digunakan untuk memilih *bandwidth* optimum adalah metode *cross validation* (CV). *Cross validation* (CV) adalah metode untuk mengevaluasi model-model regresi dengan suatu ukuran kemampuan prediksi dan memilih satu model yang

terbaik. *Bandwidth* optimum adalah *bandwidth* yang menghasilkan nilai CV minimum. Apabila nilai-nilai penduga  $\hat{y}_i$  seperti pada persamaan (2.6) merupakan fungsi dari *bandwidth* ( $h$ ) ditulis  $\hat{y}_i(h)$ , maka nilai *bandwidth* dengan metode CV diperoleh dengan menghilangkan observasi ke- $i$  dalam menduga nilai  $y_i$  pada model. Secara matematis CV dapat dituliskan sebagai berikut:

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i(h))^2 \quad (2.21)$$

dengan:

$\hat{y}_i(h)$  = penduga  $y_i$  dengan pengamatan di lokasi  $(u_i, v_i)$  dihilangkan dari proses pendugaan.

$y_i$  = pengamatan ke- $i$

$n$  = jumlah sampel

## 2.6 Pemilihan Pembobot

Menurut Rosa (2015), nilai pembobot pada data spasial sangat penting, karena mewakili letak data observasi satu dengan lainnya. Nilai pembobot digunakan untuk memberikan penekanan yang berbeda untuk masing-masing observasi dalam menghasilkan penduga parameter. Jika observasi dekat dengan titik regresi, maka bobot yang diberikan lebih besar dibandingkan dengan yang jauh dari titik regresi. Sebelum pembobot ditentukan, harus dihitung terlebih dahulu  $d_{ij}$  yang merupakan jarak antara lokasi  $(u_i, v_i)$  ke lokasi  $(u_j, v_j)$  dengan menggunakan persamaan (2.22) sebagai berikut.

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (2.22)$$

dengan

$u_i$  = Letak bujur pada lokasi  $i$

$u_j$  = Letak bujur pada lokasi  $j$

$v_i$  = Letak lintang pada lokasi  $i$

$v_j$  = Letak lintang pada lokasi  $j$

Salah satu fungsi pembobot pada data spasial yaitu fungsi *fixed kernel*. Fungsi *fixed kernel* terdiri dari *fixed gaussian kernel* dan *fixed bisquare kernel*. Secara matematis, kedua fungsi tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

a. *Fixed Gaussian Kernel*

$$w_{ij}(u_i, v_i) = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{ij}}{h} \right)^2 \right] \quad (2.23)$$

b. *Fixed Bisquare Kernel*

$$w_{ij}(u_i, v_i) = \begin{cases} \left( 1 - \left( \frac{d_{ij}}{h} \right)^2 \right)^2 & , \text{jika } d_{ij} \leq h \\ 0 & , \text{jika } d_{ij} > h \end{cases} \quad (2.24)$$

dengan  $h$  adalah parameter non negative yang diketahui dan biasanya disebut parameter penghalus (*bandwidth*).

Fungsi pembobot *fixed kernel* digunakan karena titik-titik pada data tersebar secara beraturan di wilayah penelitian. Pada fungsi pembobot *fixed gaussian kernel*, nilai pembobot  $w_{ij}$  akan mendekati satu seiring semakin dekatnya jarak antara lokasi ke- $i$  dengan lokasi ke- $j$  dan nilai pembobot ( $w_{ij}$ ) akan menurun seiring semakin jauhnya jarak antara lokasi ke- $i$  dengan lokasi ke- $j$ . Sedangkan pada fungsi pembobot *fixed bisquare kernel*, nilai pembobot diberi nilai nol jika jarak antara lokasi ke- $i$  dengan lokasi ke- $j$  lebih besar atau sama dengan *bandwidth* dan mendekati nilai satu seiring semakin dekatnya jarak antara lokasi ke- $i$  dengan lokasi ke- $j$  (Shara, 2012).

## 2.7 Indeks Kesehatan

Indeks kesehatan merupakan ukuran kualitas hidup manusia yang terdapat dalam indeks pembangunan manusia (IPM). Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2010), kesehatan merupakan salah satu indikator yang digunakan sebagai acuan untuk menilai keberhasilan pembangunan sehingga prioritas pembangunan wilayah selalu diarahkan pada upaya peningkatan indeks pembangunan manusia (IPM). Pada indeks kesehatan, peningkatan derajat kesehatan dapat diukur dari tingkat mortalitas (kematian), morbiditas (kesakitan) dan fertilitas (kelahiran). Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2010) melakukan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) untuk mengetahui status kesehatan dan faktor penentu kesehatan dengan ruang lingkup sebagai berikut:



1. Mortalitas
2. Status gizi: balita dan dewasa
3. Penyakit menular, penyakit tidak menular, riwayat penyakit keturunan dan kesehatan mental
4. Disabilitas dan cedera
5. Konsumsi makanan tingkat rumah tangga, kesehatan lingkungan
6. Pengetahuan, sikap dan perilaku
7. Akses dan pemanfaatan pelayanan kesehatan serta ketanggapan pelayanan kesehatan
8. Kesehatan ibu dan anak, imunisasi dan pemantauan pertumbuhan
9. Pengukuran *anthropometri*, lingkar perut, dan lingkar lengan atas
10. Pengukuran tekanan darah, Pemeriksaan visus, Pemeriksaan gigi dan Pemeriksaan biomedis

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis dan Sumber Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Indikator Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2014 dan Statistik Sosial dan Ekonomi Rumah Tangga Sulawesi Selatan tahun 2014 yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Sulawesi Selatan (Lampiran 1). Dalam penelitian ini, lokasi pengamatan terdiri dari 24 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan dengan menggunakan data letak astronomi yang meliputi letak lintang dan letak bujur tiap kabupaten/kota sebagai faktor pembobot geografis.

#### **3.2 Identifikasi Variabel**

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari satu variabel respon (Y) dan empat variabel prediktor (X).

a) Variabel Respon (Y)

Y : Indeks kesehatan tiap Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2014

b) Variabel Prediktor (X)

$X_1$  : Persentase kematian bayi tiap Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2014

$X_2$  : Persentase penduduk yang mengalami gangguan kesehatan selama sebulan tiap Kabupaten/Kota Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2014

$X_3$  : Persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter tiap Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2014

$X_4$  : Persentase balita gizi kurang tiap Kabupaten/Kota Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2014

U : Letak Bujur

V : Letak Lintang

### 3.3 Metode Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* RStudio, Matlab dan GWR4. Adapun tahap-tahap analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pendugaan parameter model *Mixed Geographically Weighted Regression*

Pendugaan parameter dalam model MGWR dapat diperoleh dengan menggunakan pendekatan WLS. Adapun penduga parameter pada model MGWR yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\text{Global : } \hat{\beta}_g = [\mathbf{X}_g^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g]^{-1} \mathbf{X}_g^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{y}$$

$$\text{Lokal : } \hat{\beta}_l(u_i, v_i) = [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) (\mathbf{y} - \mathbf{X}_g \hat{\beta}_g)$$

2. Melakukan pengujian pengaruh spasial

Pengujian pengaruh spasial atau heterogenitas spasial dilakukan dengan menggunakan statistik uji BP. Adapun hipotesis yang digunakan yaitu:

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_{24}^2 = \sigma^2$  (tidak terdapat heterogenitas spasial)

$H_1 : \text{terdapat } \sigma_i^2 \neq \sigma^2 \quad i = 1, 2, \dots, 24$  (terdapat heterogenitas spasial)

3. Menentukan *bandwidth* optimum dengan metode *Cross Validation* (CV)

*Bandwidth* optimum adalah *bandwidth* yang menghasilkan nilai CV minimum. Misalkan nilai penduga  $\hat{y}_i$  dapat dinyatakan seperti berikut.

$$\begin{aligned} \hat{y}_i &= \mathbf{x}_i^t \hat{\beta}(u_i, v_i) \\ &= \mathbf{x}_i^t \hat{\beta}(u_i, v_i) = \mathbf{x}_i^t [\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} \end{aligned}$$

Apabila nilai-nilai penduga  $\hat{y}_i$  tersebut merupakan fungsi dari *bandwidth* ( $h$ ) ditulis  $\hat{y}_i(h)$ , maka nilai *bandwidth* dengan metode CV diperoleh dengan menghilangkan observasi ke- $i$  dalam menduga nilai  $y_i$  pada model. Secara matematis CV dapat dituliskan sebagai berikut:

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i(h))^2$$

4. Menghitung jarak *Euclidean* dan Menghitung matriks pembobot

Jarak *Euclidean* merupakan jarak antara lokasi  $(u_i, v_i)$  ke lokasi  $(u_j, v_j)$ .

Perhitungan jarak *Euclidean* dapat dilakukan dengan rumus:

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$$

Selanjutnya menghitung matriks pembobot dengan menggunakan fungsi pembobot *fixed gaussian kernel* dapat dilakukan dengan rumus:

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

5. Melakukan pendugaan parameter model GWR pada data

Pendugaan parameter dalam model GWR dapat diperoleh dengan menggunakan pendekatan WLS. Adapun penduga parameter model GWR untuk setiap lokasi yaitu:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = [\mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y}$$

6. Menganalisis model MGWR dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Menentukan variabel prediktor global dan lokal

Penentuan variabel prediktor global dan lokal dilakukan berdasarkan teori pada data yang digunakan. Prediktor global yang diperoleh memiliki pengaruh untuk semua indikator pada data yang digunakan.

- b) Melakukan pendugaan parameter model MGWR pada data

Pendugaan parameter dalam model MGWR dapat diperoleh dengan menggunakan pendekatan WLS. Pendugaan parameter yang diterapkan pada data menggunakan penduga parameter yang telah diperoleh sebelumnya pada metode analisis pertama.

c) Melakukan uji kesesuaian model

Bentuk hipotesis yang digunakan untuk uji kesesuaian model adalah:

$$H_0 : \beta_l(u_i, v_i) = \beta_g \quad l = 0, 1, 2, 4 \text{ dan } g = 3$$

(Tidak terdapat perbedaan variabel lokal dan variabel global pada model MGWR)

$$H_1 : \text{terdapat } \beta_l(u_i, v_i) \neq \beta_g$$

(Terdapat perbedaan variabel lokal dan variabel global pada model MGWR)

d) Melakukan uji serentak variabel prediktor lokal dan variabel prediktor global

Bentuk hipotesis yang digunakan untuk uji simultan variabel persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter ( $X_3$ ) (variabel global) adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_3 = 0$$

(Tidak terdapat pengaruh signifikan variabel persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter terhadap indeks kesehatan pada model MGWR)

$$H_1 : \beta_3 \neq 0$$

(Terdapat pengaruh signifikan variabel persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter terhadap indeks kesehatan pada model MGWR)

Sedangkan bentuk hipotesis yang digunakan untuk uji simultan variabel lokal  $X_1, X_2$  dan  $X_4$  adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \beta_4(u_i, v_i) = 0$$

(Tidak terdapat pengaruh signifikan variabel lokal terhadap indeks kesehatan pada model MGWR)

$$H_1 : \beta_l(u_i, v_i) \neq 0, \quad l = 1, 2, 4$$

(Terdapat pengaruh signifikan variabel lokal terhadap indeks kesehatan pada model MGWR)

- e) Uji parsial parameter dari variabel prediktor lokal dan variabel prediktor global.

Bentuk hipotesis yang digunakan untuk uji parsial variabel persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter ( $X_3$ ) (variabel global) adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_3 = 0$$

(variabel persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter tidak berpengaruh signifikan terhadap indeks kesehatan pada model MGWR)

$$H_1 : \beta_3 \neq 0$$

(variabel persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter berpengaruh signifikan terhadap indeks kesehatan pada model MGWR)

Sedangkan bentuk hipotesis yang digunakan untuk uji parsial variabel lokal  $X_1, X_2$  dan  $X_4$  adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_l(u_i, v_i) = 0 \quad l = 1, 2, 4$$

(variabel lokal pada lokasi ke- $i$  tidak berpengaruh signifikan terhadap indeks kesehatan pada model MGWR)

$$H_1 : \beta_l(u_i, v_i) \neq 0$$

(variabel lokal pada lokasi ke- $i$  berpengaruh signifikan terhadap indeks kesehatan pada model MGWR)

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pendugaan Parameter *Mixed Geographically Weighted Regression*

Penduga parameter model MGWR dapat diperoleh dengan metode WLS. Model MGWR dengan  $p$  variabel prediktor bersifat global dan  $q$  variabel prediktor lainnya bersifat lokal, dengan mengasumsikan bahwa intersep model bersifat lokal dapat ditulis seperti persamaan (2.8) dan dalam bentuk matriks seperti pada persamaan (2.9). Berdasarkan bentuk matriksnya, model MGWR dapat dibentuk dalam model GWR seperti pada persamaan (2.10) sehingga diperoleh penduga parameternya pada persamaan (2.11).

Misalkan  $\mathbf{x}_{li}^t = (1, x_{li1}, x_{li2}, \dots, x_{liq})$  adalah elemen baris ke- $i$  dari matriks  $\mathbf{X}_l$ . Substitusi elemen dari  $\widehat{\boldsymbol{\beta}}_l(u_i, v_i)$  kedalam persamaan (2.10) sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{y} - \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g &= \mathbf{X}_l \boldsymbol{\beta}_l(u_i, v_i) + \boldsymbol{\varepsilon} \\
 \mathbf{y} - \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g &= \mathbf{x}_{li}^t \widehat{\boldsymbol{\beta}}_l(u_i, v_i) + \boldsymbol{\varepsilon} \\
 \mathbf{y} - \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g &= \mathbf{x}_{li}^t [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \tilde{\mathbf{y}} + \boldsymbol{\varepsilon} \\
 \mathbf{y} - \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g &= \mathbf{S}_l \tilde{\mathbf{y}} + \boldsymbol{\varepsilon} \\
 \mathbf{y} - \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g &= \mathbf{S}_l (\mathbf{y} - \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g) + \boldsymbol{\varepsilon} \\
 \mathbf{y} - \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g &= \mathbf{S}_l \mathbf{y} - \mathbf{S}_l \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g + \boldsymbol{\varepsilon} \\
 \mathbf{y} - \mathbf{S}_l \mathbf{y} &= \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g - \mathbf{S}_l \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g + \boldsymbol{\varepsilon} \\
 (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{y} &= (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g \boldsymbol{\beta}_g + \boldsymbol{\varepsilon}
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

dengan  $\mathbf{I}_n$  adalah matriks identitas berukuran  $n \times n$  dan  $\mathbf{S}_l$  adalah matriks berukuran  $n \times n$  yang dapat dituliskan sebagai berikut

$$\mathbf{S}_l = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_{l1}^t [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_1, v_1) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_1, v_1) \\ \mathbf{x}_{l2}^t [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_2, v_2) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_2, v_2) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_{ln}^t [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_n, v_n) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_n, v_n) \end{pmatrix} \tag{4.2}$$

Misalkan  $\mathbf{Z} = (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{y}$  dan  $\mathbf{Q} = (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g$  maka persamaan (4.1) dapat dituliskan seperti berikut

$$\mathbf{Z} = \mathbf{Q} \boldsymbol{\beta}_g + \boldsymbol{\varepsilon} \tag{4.3}$$

Dengan menggunakan langkah-langkah seperti pada MKT maka penduga parameter yang bersifat global pada model MGWR berdasarkan persamaan (4.3) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\widehat{\boldsymbol{\beta}}_g &= (\mathbf{Q}^t \mathbf{Q})^{-1} \mathbf{Q}^t \mathbf{Z} \\
&= \left[ \left( (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g \right)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g \right]^{-1} \left( (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g \right)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{y} \\
&= \left[ \mathbf{X}_g^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g \right]^{-1} \mathbf{X}_g^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{y} \quad (4.4)
\end{aligned}$$

Substitusi  $\widehat{\boldsymbol{\beta}}_g$  ke persamaan (2.11) sehingga diperoleh penduga parameter yang bersifat lokal untuk setiap lokasi  $(u_i, v_i)$  pada model MGWR adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\widehat{\boldsymbol{\beta}}_l(u_i, v_i) &= [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \tilde{\mathbf{y}} \\
&= [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) (\mathbf{y} - \mathbf{X}_g \widehat{\boldsymbol{\beta}}_g) \quad (4.5)
\end{aligned}$$

Selanjutnya, penduga variabel respon yang bervariasi secara spasial ( $\widehat{\mathbf{y}}$ ) pada lokasi ke- $n$  yaitu:

$$\begin{aligned}
\widehat{y}_i &= \mathbf{x}_{li}^t \widehat{\boldsymbol{\beta}}_l(u_i, v_i) \\
&= \mathbf{x}_{li}^t [\mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X}_l]^{-1} \mathbf{X}_l^t \mathbf{W}(u_i, v_i) \tilde{\mathbf{y}} \\
&= \mathbf{S}_l \tilde{\mathbf{y}} \\
&= \mathbf{S}_l (\mathbf{y} - \mathbf{X}_g \widehat{\boldsymbol{\beta}}_g) \quad (4.6)
\end{aligned}$$

Oleh karena itu, penduga untuk variabel respon ( $\widehat{\mathbf{y}}$ ) tiap lokasi ke- $n$  yaitu:

$$\begin{aligned}
\widehat{\mathbf{y}} &= \widehat{\mathbf{y}} + \mathbf{X}_g \widehat{\boldsymbol{\beta}}_g \\
&= \mathbf{S}_l (\mathbf{y} - \mathbf{X}_g \widehat{\boldsymbol{\beta}}_g) + \mathbf{X}_g \widehat{\boldsymbol{\beta}}_g \\
&= \mathbf{S}_l \mathbf{y} - \mathbf{S}_l \mathbf{X}_g \widehat{\boldsymbol{\beta}}_g + \mathbf{X}_g \widehat{\boldsymbol{\beta}}_g \\
&= \mathbf{S}_l \mathbf{y} + (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g \widehat{\boldsymbol{\beta}}_g \\
&= \mathbf{S}_l \mathbf{y} + (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g \left[ \mathbf{X}_g^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g \right]^{-1} \mathbf{X}_g^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{y} \\
&= \mathbf{S} \mathbf{y} \quad (4.7)
\end{aligned}$$

dengan

$$\mathbf{S} = \mathbf{S}_l + (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g \left[ \mathbf{X}_g^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l) \mathbf{X}_g \right]^{-1} \mathbf{X}_g^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)^t (\mathbf{I}_n - \mathbf{S}_l)$$



## 4.2 Penerapan Data

### 4.2.1 Pengujian Heterogenitas Spasial

Pengujian heterogenitas spasial dilakukan untuk mengetahui keragaman antar lokasi setiap variabel. Apabila terdapat keragaman antar lokasi setiap variabel, maka analisis yang tepat digunakan adalah analisis *GWR*. Adapun pengujian heterogenitas spasial dapat dilakukan dengan menggunakan statistik uji BP yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 BP &= \left(\frac{1}{2}\right) \mathbf{f}' \mathbf{Z} (\mathbf{Z}' \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}' \mathbf{f} \\
 &= \left(\frac{1}{2}\right) \left( [f_1 \quad f_2 \quad \dots \quad f_{24}] \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{14} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{24} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{241} & z_{242} & \dots & z_{244} \end{bmatrix} \right) \\
 &\quad \left( \begin{bmatrix} z_{11} & z_{21} & \dots & z_{241} \\ z_{12} & z_{22} & \dots & z_{242} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{14} & z_{24} & \dots & z_{244} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{14} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{24} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{241} & z_{242} & \dots & z_{244} \end{bmatrix} \right)^{-1} \\
 &\quad \left( \begin{bmatrix} z_{11} & z_{21} & \dots & z_{241} \\ z_{12} & z_{22} & \dots & z_{242} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{14} & z_{24} & \dots & z_{244} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_{24} \end{bmatrix} \right) \\
 &= \left(\frac{1}{2}\right) [16.945 \quad 7.396 \quad -10.469 \quad -12.706] \\
 &\quad \begin{bmatrix} 0.057 & -0.012 & 0.020 & -0.011 \\ -0.012 & 0.050 & 0.008 & -0.005 \\ 0.020 & 0.008 & 0.056 & -0.016 \\ -0.011 & -0.005 & -0.016 & 0.050 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 16.945 \\ 7.396 \\ -10.469 \\ -12.706 \end{bmatrix} \\
 &= \left(\frac{1}{2}\right) [0.801 \quad 0.142 \quad 0.015 \quad -0.692] \begin{bmatrix} 16.945 \\ 7.396 \\ -10.469 \\ -12.706 \end{bmatrix} \\
 &= \left(\frac{1}{2}\right) 23.244 \\
 &= 11.622
 \end{aligned}$$

Pengujian yang dilakukan menghasilkan nilai  $BP = 11.622$  sehingga keputusannya yaitu  $H_0$  ditolak karena nilai  $BP = 11.622 > 11.071 = \chi_{0.05,5}^2$ , yang berarti terdapat heterogenitas spasial atau keragaman antar lokasi setiap variabel pada indeks kesehatan tahun 2014 Provinsi Sulawesi Selatan.

#### 4.2.2 Penentuan *Bandwidth*

Pada penelitian ini, fungsi pembobot yang digunakan adalah *fixed gaussian kernel* dengan nilai *bandwidth* optimum. Penentuan nilai *bandwidth* ( $h$ ) optimum menggunakan kriteria CV minimum. Berdasarkan Lampiran 2 nilai *bandwidth* optimum sebesar 0.5195388 dengan CV minimum sebesar 36.09211.

#### 4.2.3 Perhitungan Jarak *Euclidean* dan Matriks Pembobot

Perhitungan jarak *euclidean* ( $d_{ij}$ ) ke semua lokasi ( $u_i, v_i$ ) penelitian dilakukan untuk memperoleh matriks pembobot setiap lokasi, dengan matriks pembobot di lokasi ( $u_i, v_i$ ) yang merupakan matriks diagonal  $W(u_i, v_i)$  sehingga diperoleh 24 matriks pembobot untuk data indeks kesehatan tahun 2014 di Provinsi Sulawesi Selatan. Nilai *bandwidth* optimum yang diperoleh sebelumnya disubstitusikan ke dalam pembobot yang digunakan untuk pembentukan matriks pembobot. Berdasarkan persamaan (2.23) perhitungan matriks pembobot dengan *fixed gaussian kernel* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 w_{ij} &= \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{ij}}{h} \right)^2 \right] \\
 W_{(n \times n)} &= \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1 \ 24} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2 \ 24} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{24 \ 1} & w_{24 \ 2} & \cdots & w_{24 \ 24} \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{11}}{h} \right)^2 \right] & \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{12}}{h} \right)^2 \right] & \cdots & \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{1 \ 24}}{h} \right)^2 \right] \\ \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{21}}{h} \right)^2 \right] & \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{22}}{h} \right)^2 \right] & \cdots & \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{2 \ 24}}{h} \right)^2 \right] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{24 \ 1}}{h} \right)^2 \right] & \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{24 \ 2}}{h} \right)^2 \right] & \cdots & \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{24 \ 24}}{h} \right)^2 \right] \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{0}{0.5195} \right)^2 \right] & \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{0.843}{0.5195} \right)^2 \right] & \cdots & \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{3.577}{0.5195} \right)^2 \right] \\ \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{0.843}{0.5195} \right)^2 \right] & \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{0}{0.5195} \right)^2 \right] & \cdots & \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{3.191}{0.5195} \right)^2 \right] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{3.577}{0.5195} \right)^2 \right] & \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{3.191}{0.5195} \right)^2 \right] & \cdots & \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{0}{0.5195} \right)^2 \right] \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0.268 & \cdots & 5 \times 10^{-11} \\ 0.268 & 1 & \cdots & 6 \times 10^{-9} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 5 \times 10^{-11} & 6 \times 10^{-9} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Salah satu contoh jarak *euclidean* ( $d_{ij}$ ) berdasarkan persamaan (2.22) dan pembobot ( $w_{ij}$ ) dapat dilihat pada Tabel 4.1 untuk lokasi ( $u_7, v_7$ ) yaitu Kota Makassar. Kota Makassar merupakan ibukota dari Provinsi Sulawesi Selatan sehingga indeks kesehatan Kota Makassar dipercaya lebih baik daripada kabupaten/kota lain.

Tabel 4.1 Jarak *Euclidean* ( $d_{ij}$ ) dan Pembobot ( $w_{ij}$ ) dengan Kota Makassar

Lokasi ke-	Kabupaten/Kota	Kota Makassar	
		$d_{ij}$	$w_{ij}$
1	2	3	4
1	Selayar	1.418	0.024
2	Jeneponto	0.616	0.496
3	Bulukumba	0.851	0.262
4	Bantaeng	0.651	0.456
5	Takalar	0.278	0.867
6	Gowa	0.086	0.986
7	Makassar	0.000	1.000
8	Sinjai	0.817	0.290
9	Maros	0.256	0.886
10	Pangkep	0.461	0.674
11	Bone	1.080	0.115
12	Barru	0.760	0.343
13	Soppeng	0.809	0.298
14	Wajo	1.189	0.073
15	Pare-pare	1.183	0.075
16	Sidrap	1.270	0.050
17	Pinrang	1.361	0.032
18	Enrekang	1.618	0.008
19	Tana Toraja	2.098	$3 \times 10^{-4}$
20	luwu	2.240	$9 \times 10^{-5}$
21	Toraja Utara	2.178	$1 \times 10^{-4}$
22	Palopo	2.290	$6 \times 10^{-5}$
23	Luwu timur	2.898	$2 \times 10^{-7}$
24	Luwu Utara	2.764	$7 \times 10^{-7}$

Sumber: Olah Data Statistik 2017

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa jarak *euclidean* untuk lokasi  $(u_7, v_7)$  yaitu Kota Makassar terhadap Kabupaten Gowa adalah sebesar 0.086 sehingga nilai pembobot  $(w_{ij})$  yang diperoleh yaitu sebesar 0.986 dan jarak *euclidean* untuk Kota Makassar terhadap Kabupaten Luwu Timur adalah sebesar 2.898 sehingga nilai pembobot  $(w_{ij})$  yang diperoleh sebesar  $2 \times 10^{-7}$ . Hal ini disebabkan karena pembobot  $(w_{ij})$  *fixed gaussian* memberikan asumsi bahwa nilai pembobot  $(w_{ij})$  akan mendekati satu apabila jarak antara lokasi ke- $i$  dengan lokasi ke- $j$  semakin dekat dan nilai pembobot  $(w_{ij})$  semakin lebih kecil dari satu apabila jarak antara lokasi ke- $i$  dengan lokasi ke- $j$  semakin jauh. Matriks diagonal untuk lokasi  $(u_7, v_7)$  di Kota Makassar dapat dituliskan:

$$\begin{aligned} \mathbf{W}(u_7, v_7) &= \text{diag}[w_1(u_7, v_7) \quad w_2(u_7, v_7) \quad \dots \quad w_{24}(u_7, v_7)] \\ &= \text{diag}[0.024 \quad 0.496 \quad \dots \quad 7 \times 10^{-7}] \end{aligned}$$

Penentuan matriks pembobot *fixed gaussian kernel* untuk lokasi  $(u_i, v_i)$  lain menggunakan perhitungan yang sama seperti yang digunakan untuk menghitung matriks lokasi  $(u_7, v_7)$  yaitu Kota Makassar. Matriks pembobot  $\mathbf{W}(u_i, v_i)$  digunakan untuk pendugaan parameter tiap lokasi  $(u_i, v_i)$ . Nilai dari matriks jarak *euclidean*  $(d_{ij})$  untuk setiap lokasi dapat dilihat pada Lampiran 3 dan matriks pembobot dengan fungsi *fixed gaussian*  $(w_{ij})$  untuk setiap lokasi dapat dilihat pada Lampiran 4.

#### 4.2.4 Pemodelan *Geographically Weighted Regression*

Model GWR adalah pengembangan dari model regresi global yang penaksir parameternya dihitung pada setiap lokasi pengamatan sehingga setiap lokasi pengamatan mempunyai nilai parameter yang berbeda-beda. Pendugaan parameter dalam model GWR dapat diperoleh dengan menggunakan pendekatan *Weighted Least Square* (WLS). Berdasarkan persamaan (2.5) dapat diperoleh penduga parameter untuk tiap lokasi pengamatan. Misalkan model GWR untuk Kota Makassar berdasarkan penduga parameternya yaitu:

$$\hat{y}_7 = 90.365 - 0.377X_1 - 0.168X_2 + 0.026X_3 - 0.180X_4$$

Penduga parameter model GWR untuk lokasi pengamatan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

#### 4.2.5 Pemodelan *Mixed Geographically Weighted Regression*

MGWR merupakan pengembangan dari model GWR, dengan variabel prediktor dibedakan menjadi dua yaitu variabel prediktor bersifat global dan lokal. Pada model MGWR, beberapa variabel prediktor diasumsikan konstan sedangkan yang lainnya bervariasi secara spasial sesuai dengan lokasi pengamatan.

##### A. Penentuan Variabel Global dan Lokal

Secara umum, indeks kesehatan dapat dilihat dari peningkatan derajat kesehatan. Peningkatan derajat kesehatan sendiri dapat diukur dengan beberapa indikator yaitu mortalitas, morbiditas dan fertilitas. Berdasarkan data yang digunakan dapat diketahui bahwa  $X_1$  (persentase kematian bayi) termasuk dalam indikator mortalitas,  $X_2$  (persentase penduduk yang mengalami gangguan kesehatan selama sebulan) dan  $X_4$  (persentase balita gizi kurang) termasuk dalam indikator morbiditas, sedangkan  $X_3$  (persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter) termasuk dalam indikator fertilitas. Akan tetapi, jika dikaji lebih lanjut variabel prediktor  $X_3$  juga dapat dikategorikan pada indikator mortalitas dan morbiditas. Hal ini disebabkan karena penolong persalinan sangat berpengaruh terhadap keselamatan dan kesehatan bayi dan ibu pada saat proses persalinan. Oleh sebab itu, variabel  $X_3$  merupakan variabel yang berpengaruh secara global pada data indeks kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2014 karena dapat dikategorikan ke dalam indikator fertilitas, mortalitas ataupun morbiditas. Penolong persalinan yang berkualitas seperti dokter tentunya lebih memungkinkan terwujudnya keselamatan dan kesehatan bayi serta ibu pada saat persalinan dibandingkan dengan tenaga nonmedis.

##### B. Pendugaan Parameter

Sama halnya dengan model GWR, penduga parameter model MGWR dapat diperoleh dengan metode WLS. Berdasarkan persamaan (4.8) diperoleh penduga parameter global dan pada persamaan (4.9) diperoleh penduga parameter lokal untuk setiap lokasi pengamatan pada model MGWR (Lampiran 6(a)). Misalkan model MGWR untuk Kota Makassar berdasarkan penduga parameternya yaitu (Lampiran 6(b)):

$$\hat{y}_7 = 89.215 - 0.353X_1 - 0.160X_2 - 0.186X_4 + 0.049X_3$$

Penduga parameter untuk lokasi pengamatan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 6(a), sedangkan model MGWR untuk lokasi pengamatan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 6(b). Adapun hasil perhitungan model MGWR yaitu penduga variabel respon untuk tiap lokasi dapat dilihat pada Lampiran 6(c). Penduga parameter untuk variabel  $X_1$ ,  $X_2$  dan  $X_4$  harus berpengaruh negatif (berbanding terbalik) dengan indeks kesehatan tahun 2014. Misalkan untuk variabel persentase penduduk yang mengalami gangguan kesehatan selama sebulan ( $X_2$ ) harus menurun agar indeks kesehatan meningkat. Tetapi terjadi kasus khusus untuk variabel persentase penduduk yang mengalami gangguan kesehatan selama sebulan ( $X_2$ ) di beberapa lokasi seperti Kabupaten Selayar, Luwu Timur dan Luwu Utara yang berbanding lurus dengan indeks kesehatan tahun 2014. Kasus ini juga terjadi di beberapa lokasi untuk variabel  $X_4$ . Oleh karena itu diperlukan adanya pengujian parameter tiap lokasi untuk mengetahui apakah variabel  $X_2$  dan  $X_4$  berpengaruh signifikan terhadap indeks kesehatan pada lokasi yang mengalami kasus khusus tersebut.

### C. Pengujian Parameter

Pada model MGWR, terdapat beberapa uji yang perlu dilakukan untuk menguji parameter model MGWR. Adapun pengujian parameter model MGWR adalah sebagai berikut

#### 1. Uji Kesesuaian Model

Uji kesesuaian model dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan model lokal dan model global pada model MGWR. Statistik uji  $F$  untuk kesesuaian model diperoleh berdasarkan persamaan (2.16) yaitu  $F(1) = 6.440$  (Lampiran 7) lebih besar dari  $F_{tabel}(F_{0.05,13,12} = 2.660)$  (Lampiran 10), maka  $H_0$  ditolak yang berarti terdapat perbedaan variabel lokal dan variabel global pada model MGWR.

#### 2. Uji Simultan Parameter Model

Uji simultan parameter model digunakan untuk mengetahui signifikansi variabel prediktor global dan lokal terhadap variabel respon pada model MGWR. Berdasarkan persamaan (2.17) dan (2.18) diperoleh  $F(2)$  dan  $F(3)$  (Lampiran 7) adalah sebagai berikut.

Tabel 4.2 Uji Simultan Variabel Global dan Lokal

Uji Serentak	Variabel	$F(.)$	$F_{tabel}$		Keterangan
			$F_{0.05,1,12}$	$F_{0.05,16,12}$	
(2) Global	$X_3$	5.316	4.747	-	Signifikan
(3) Lokal	$X_1, X_2, X_4$	5230.1	-	2.599	Signifikan

Sumber: Olah Data Statistik 2017

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa untuk variabel global nilai  $F(2) = 5.316$  lebih besar dari  $F_{tabel}(F_{0.05,1,12} = 4.747)$  sehingga  $H_0$  ditolak yang berarti terdapat pengaruh signifikan variabel persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter ( $X_3$ ) terhadap indeks kesehatan pada model MGWR. Selanjutnya untuk variabel lokal nilai  $F(3) = 5230.1$  lebih besar dari  $F_{tabel}(F_{0.05,16,12} = 2.599)$  sehingga  $H_0$  ditolak yang berarti terdapat pengaruh signifikan variabel lokal  $X_1, X_2,$  dan  $X_4$  terhadap indeks kesehatan pada model MGWR.

### 3. Uji Parsial Parameter

Uji parsial parameter model MGWR digunakan untuk mengetahui variabel global dan variabel lokal yang berpengaruh signifikan terhadap respon pada model MGWR. Adapun uji parsial parameter model MGWR adalah sebagai berikut:

#### a. Uji Variabel Prediktor Global

Statistik uji  $t$  untuk uji parsial variabel prediktor global yang diperoleh berdasarkan persamaan (2.19) yaitu  $|t_g| = 2.304$  (Lampiran 8) lebih besar dari  $t_{tabel}(t_{0.05,12} = 2.179)$  (Lampiran 11) maka  $H_0$  ditolak yang berarti variabel persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter berpengaruh signifikan terhadap indeks kesehatan pada model MGWR.

#### b. Uji Variabel Prediktor Lokal

Statistik uji  $t$  untuk uji parsial variabel prediktor lokal diperoleh berdasarkan persamaan (2.20). Misalkan uji parsial variabel prediktor lokal untuk lokasi ( $u_7, v_7$ ) yaitu Kota Makassar adalah sebagai berikut (Lampiran 8).

Tabel 4.3 Uji Parsial Variabel lokal  $X_1, X_2$  dan  $X_4$  Kota Makassar

Variabel	Parameter	Koefisien	$t_{hit}$	$t_{0.05,12.2}$	Pengaruh
$X_1$	$\hat{\beta}_1$	-0.353	-8.969	2.179	Signifikan
$X_2$	$\hat{\beta}_2$	-0.160	-3.982		Signifikan
$X_4$	$\hat{\beta}_4$	-0.186	-4.611		Signifikan

Sumber: Olah Data Statistik 2017

Berdasarkan tabel 4.3, variabel lokal  $X_1, X_2$  dan  $X_4$  memiliki nilai  $|t_i|$  lebih besar dari  $t_{tabel}(t_{0.05,12} = 2.179)$  sehingga  $H_0$  ditolak yang berarti variabel lokal pada lokasi ke  $(u_7, v_7)$  yaitu Kota Makassar berpengaruh signifikan terhadap indeks kesehatan tahun 2014 pada model MGWR. Tabel 4.3 juga menjelaskan bahwa indeks kesehatan akan menurun sebesar 0.353 jika persentase kematian bayi ( $X_1$ ) meningkat 1 satuan dengan syarat variabel prediktor lainnya konstan, begitu pula untuk variabel prediktor lainnya. Statistik uji  $t$  untuk lokasi  $(u_i, v_i)$  lain menggunakan perhitungan yang sama seperti yang digunakan pada lokasi  $(u_7, v_7)$  Kota Makassar yang dapat dilihat pada Lampiran 8.

Secara umum, variabel global  $X_3$  berpengaruh signifikan untuk semua lokasi, sedangkan variabel lokal ada yang berpengaruh signifikan dan adapula yang tidak berpengaruh. Variabel lokal  $X_1$  berpengaruh signifikan untuk semua lokasi pengamatan. Variabel lokal  $X_2$  hanya signifikan pada beberapa lokasi seperti Takalar, Gowa, Sinjai, Maros, Pangkep, Bone dan Makassar. Sama halnya dengan variabel  $X_2$ , variabel lokal  $X_3$  juga hanya signifikan pada beberapa lokasi seperti Selayar, Bulukumba, Bantaeng, Jeneponto, Takalar, Gowa, Sinjai, Maros, Pangkep dan Makassar.

Selanjutnya, berdasarkan Lampiran 9 terlihat bahwa nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) di setiap lokasi pengamatan diatas 94%. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum variabel global dan lokal mampu menjelaskan variabel indeks kesehatan yaitu sebesar 94%, atau dengan kata lain hanya 6% variabel global dan lokal tidak dapat menjelaskan variabel indeks kesehatan.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan pembahasan sebelumnya, dapat diketahui bahwa model MGWR yang terbentuk dari data indeks kesehatan tahun 2014 di Provinsi Sulawesi Selatan adalah sebanyak 24 model. Adapun ke-24 model yang terbentuk sesuai dengan banyaknya lokasi pengamatan, dengan variabel prediktor bersifat lokal yaitu persentase kematian bayi, persentase penduduk yang mengalami gangguan kesehatan selama sebulan, dan persentase balita gizi kurang, serta persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter sebagai variabel global. Variabel-variabel prediktor yang berpengaruh signifikan untuk setiap lokasi berbeda-beda antara satu lokasi dengan lokasi lain.

Berdasarkan uji parsial yang dilakukan diketahui bahwa variabel global persentase penolong kelahiran pertama oleh dokter berpengaruh signifikan untuk semua lokasi, sedangkan variabel lokal berbeda-beda untuk setiap lokasi, ada yang berpengaruh signifikan dan adapula yang tidak berpengaruh. Variabel lokal persentase kematian bayi berpengaruh signifikan untuk semua lokasi pengamatan. Variabel persentase penduduk yang mengalami gangguan kesehatan selama sebulan hanya signifikan pada beberapa lokasi seperti Takalar, Gowa, Sinjai, Maros, Pangkep, Bone dan Makassar. Variabel persentase balita gizi kurang juga hanya signifikan pada beberapa lokasi seperti Selayar, Bulukumba, Bantaeng, Jeneponto, Takalar, Gowa, Sinjai, Maros, Pangkep dan Makassar.

#### **5.2 Saran**

Untuk penelitian lebih lanjut dapat mengkaji tentang uji hipotesis pada model *Mixed Geographically Weighted Regression* serta melakukan pendugaan parameter dengan pendekatan lain seperti *Maximum Likelihood Estimation* dengan menggunakan fungsi pembobot *adaptive kernel* dan *tricube kernel* pada data spasial.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anselin, L. 1988. *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Indikator Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sulawesi Selatan*. Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Selatan. Makassar.
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Statistik Sosial dan Ekonomi Rumah Tangga Sulawesi Selatan*. Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Selatan. Makassar.
- Fotheringham, A.S., Brundson, C. and Charlthton, M. 2002. *Geographically Weighted Regression : The Analysis of Spatially Varying Relationships*. John Wiley and Sons, Ltd. UK.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2010. *Indeks Pembangunan Kesehatan Masyarakat*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Kutner, M.H., C.J. Nachtsheim., dan J. Neter . 2004. *Applied Linear Regression Models*. 4<sup>th</sup> ed. New York: McGraw –Hill Companies, Inc.
- Maulani, A. 2013. *Aplikasi Model Geographically Weighted Regression (GWR) untuk Menentukan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kasus Gizi Buruk Anak Balita di Jawa Barat*. UPI. Bandung.
- Mei, C.L., He, S.Y. and Fang, K.T. 2004. A Note On the Mixed Geographically Weighted Regression Model. *Journal Of Regional Science* 44 : 143-157.
- Mei, C.L. 2005. *Geographically Weighted Regression Technique for Spatial Data Analysis*. School of Science Xi'an Jiaotong University.
- Myers, R.H. 1990. *Classical and Modern Regression with Application* , 2<sup>nd</sup> ed. Boston: PWS-KENT Publishing Company.
- Paramita, A.D. 2014. Estimasi Model Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) Menggunakan Fungsi Pembobot Fixed Kernel Pada Data Spasial. *Jurnal Mahasiswa Statistik* 2 : 4.
- Purhadi dan Yasin H. 2012. Mixed Geographically Weighted Regression Model (Case Stidy: The Percentage of Poor Household in Mojokerto 2008). *European Journal of Scientific Research* 69 : 188-196.

- Rosa, A.A. 2015. *Penggunaan Pembobot Fixed Kernel dan Fixed Bisquare Kernel pada Model Geographically Weighted Regression* [Skripsi]. Unhas: Makassar.
- Sariyya, H.R. 2013. Pemodelan Mixed Geographically Weighted Regression (Mgwr) sebagai Pendekatan Model Geographically Weighted Regression (Gwr) yang Melibatkan Parameter Global (Studi Kasus Persentasi Balita Gizi Buruk Di Jawa Timur Tahun 2010). *Jurnal Mahasiswa Statistik* 1 : 2.
- Shara, Y. 2012. *Pemodelan Geographically Weighted Regression Dengan Pembobot Fixed Bisquare Kernel Pada Data Spasial (Studi Kasus Balita Gizi Buruk di Provinsi Jawa Timur Tahun 2008)*. UB. Malang.
- Yasin, H. 2011. Pemilihan Variabel pada Model Geographically Weighted Regression. *Media Statistika*. 4 : 63-72.

# LAMPIRAN

**Lampiran 1. Data Indeks Kesehatan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2014**

<b>Lokasi Ke-</b>	<b>Kab/Kota</b>	<b>Y</b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>	<b>X<sub>3</sub></b>	<b>X<sub>4</sub></b>	<b>U</b>	<b>V</b>
1	Selayar	73.07	43.00	14.02	9.27	16.00	6.124	120.461
2	Jeneponto	69.82	41.70	6.33	11.78	22.70	5.677	119.746
3	Bulukumba	71.43	39.30	6.93	6.81	17.00	5.561	120.176
4	Bantaeng	76.43	36.00	3.71	5.88	10.30	5.549	119.945
5	Takalar	70.62	37.70	9.39	22.33	22.30	5.425	119.441
6	Gowa	76.59	25.70	4.31	22.03	22.70	5.233	119.437
7	Makassar	79.05	22.70	4.42	45.68	18.70	5.147	119.433
8	Sinjai	71.33	40.30	9.92	13.43	18.70	5.128	120.250
9	Maros	74.62	28.30	4.56	8.88	22.10	4.947	119.592
10	Pangkep	69.80	38.00	14.45	9.79	22.70	4.830	119.768
11	Bone	70.48	39.70	8.41	12.31	16.30	4.534	120.322
12	Barru	73.44	32.70	11.30	11.60	5.00	4.410	119.618
13	Soppeng	74.49	27.00	23.24	11.08	18.30	4.350	119.296
14	Wajo	70.66	34.30	9.89	3.86	19.10	4.113	120.019
15	Pare-pare	77.52	25.00	7.33	29.78	20.70	3.982	119.641
16	Sidrap	73.95	29.70	10.63	15.71	13.40	3.918	119.755
17	Pinrang	73.89	29.70	8.81	5.23	20.00	3.802	119.644
18	Enrekang	77.24	24.70	12.05	14.05	19.70	3.564	119.768
19	Tana Toraja	80.16	17.70	2.01	8.60	11.70	3.094	119.865
20	luwu	75.61	28.30	7.01	14.33	17.30	3.059	120.243
21	Toraja Utara	80.76	15.30	3.68	16.16	14.30	3.012	119.862
22	Palopo	77.11	25.00	4.56	20.16	14.30	2.989	120.200
23	Luwu timur	76.06	28.30	8.35	10.42	13.40	2.597	120.809
24	Luwu Utara	72.30	33.30	8.12	12.37	14.00	2.548	120.373

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Sulawesi Selatan

**Lampiran 2.** Bandwidth Optimum dengan Fungsi Pembobot *Fixed Gaussian Kernel*

Bandwidth: 1.485537	CV score: 52.09919
Bandwidth: 2.40125	CV score: 54.63579
Bandwidth: 0.9195956	CV score: 47.51698
Bandwidth: 0.5698245	CV score: 36.76984
Bandwidth: 0.353654	CV score: 44.06988
Bandwidth: 0.6099014	CV score: 37.95586
Bandwidth: 0.5300236	CV score: 36.12639
Bandwidth: 0.4626564	CV score: 37.30098
Bandwidth: 0.5241437	CV score: 36.09888
Bandwidth: 0.51778	CV score: 36.09309
Bandwidth: 0.5194855	CV score: 36.09211
Bandwidth: 0.5195388	CV score: 36.09211
Bandwidth: 0.5195795	CV score: 36.09211
Bandwidth: 0.5195388	CV score: 36.09211

kernel function: gwr.Gauss

Fixed bandwidth: 0.5195388

**Lampiran 3. Matriks Jarak Euclidean antar Kabupaten/Kota**

Lokasi ke-	Kab/Kota	Lokasi ke-																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Selayar	0.00	0.84	0.63	0.77	1.24	1.36	1.42	1.02	1.46	1.47	1.60	1.91	2.12	2.06	2.29	2.32	2.46	2.65	3.09	3.07	3.17	3.15	3.54	3.58
2	Jeneponto	0.84	0.00	0.45	0.24	0.40	0.54	0.62	0.75	0.75	0.85	1.28	1.27	1.40	1.59	1.70	1.76	1.88	2.11	2.59	2.66	2.67	2.73	3.26	3.19
3	Bulukumba	0.63	0.45	0.00	0.23	0.75	0.81	0.85	0.44	0.85	0.84	1.04	1.28	1.50	1.46	1.67	1.70	1.84	2.04	2.49	2.50	2.57	2.57	3.03	3.02
4	Bantaeng	0.77	0.24	0.23	0.00	0.52	0.60	0.65	0.52	0.70	0.74	1.08	1.19	1.36	1.44	1.60	1.64	1.77	1.99	2.46	2.51	2.54	2.57	3.08	3.03
5	Takalar	1.24	0.40	0.75	0.52	0.00	0.19	0.28	0.86	0.50	0.68	1.25	1.03	1.08	1.43	1.46	1.54	1.64	1.89	2.37	2.50	2.45	2.55	3.14	3.02
6	Gowa	1.36	0.54	0.81	0.60	0.19	0.00	0.09	0.82	0.33	0.52	1.13	0.84	0.89	1.26	1.27	1.35	1.45	1.70	2.18	2.32	2.26	2.37	2.97	2.84
7	Makassar	1.42	0.62	0.85	0.65	0.28	0.09	0.00	0.82	0.26	0.46	1.08	0.76	0.81	1.19	1.18	1.27	1.36	1.62	2.10	2.24	2.18	2.29	2.90	2.76
8	Sinjai	1.02	0.75	0.44	0.52	0.86	0.82	0.82	0.00	0.68	0.57	0.60	0.96	1.23	1.04	1.30	1.31	1.46	1.64	2.07	2.07	2.15	2.14	2.59	2.58
9	Maros	1.46	0.75	0.85	0.70	0.50	0.33	0.26	0.68	0.00	0.21	0.84	0.54	0.67	0.94	0.97	1.04	1.15	1.39	1.87	2.00	1.95	2.05	2.65	2.52
10	Pangkep	1.47	0.85	0.84	0.74	0.68	0.52	0.46	0.57	0.21	0.00	0.63	0.45	0.67	0.76	0.86	0.91	1.04	1.27	1.74	1.83	1.82	1.89	2.46	2.36
11	Bone	1.60	1.28	1.04	1.08	1.25	1.13	1.08	0.60	0.84	0.63	0.00	0.71	1.04	0.52	0.88	0.84	1.00	1.12	1.51	1.48	1.59	1.55	2.00	1.99
12	Barru	1.91	1.27	1.28	1.19	1.03	0.84	0.76	0.96	0.54	0.45	0.71	0.00	0.33	0.50	0.43	0.51	0.61	0.86	1.34	1.49	1.42	1.54	2.17	2.01
13	Soppeng	2.12	1.40	1.50	1.36	1.08	0.89	0.81	1.23	0.67	0.67	1.04	0.33	0.00	0.76	0.50	0.63	0.65	0.92	1.38	1.60	1.45	1.63	2.32	2.10
14	Wajo	2.06	1.59	1.46	1.44	1.43	1.26	1.19	1.04	0.94	0.76	0.52	0.50	0.76	0.00	0.40	0.33	0.49	0.60	1.03	1.08	1.11	1.14	1.71	1.60
15	Pare-Pare	2.29	1.70	1.67	1.60	1.46	1.27	1.18	1.30	0.97	0.86	0.88	0.43	0.50	0.40	0.00	0.13	0.18	0.44	0.92	1.10	0.99	1.14	1.81	1.61
16	Sidrap	2.32	1.76	1.70	1.64	1.54	1.35	1.27	1.31	1.04	0.91	0.84	0.51	0.63	0.33	0.13	0.00	0.16	0.35	0.83	0.99	0.91	1.03	1.69	1.50
17	Pinrang	2.46	1.88	1.84	1.77	1.64	1.45	1.36	1.46	1.15	1.04	1.00	0.61	0.65	0.49	0.18	0.16	0.00	0.27	0.74	0.95	0.82	0.98	1.68	1.45
18	Enrekang	2.65	2.11	2.04	1.99	1.89	1.70	1.62	1.64	1.39	1.27	1.12	0.86	0.92	0.60	0.44	0.35	0.27	0.00	0.48	0.69	0.56	0.72	1.42	1.18
19	Tana Toraja	3.09	2.59	2.49	2.46	2.37	2.18	2.10	2.07	1.87	1.74	1.51	1.34	1.38	1.03	0.92	0.83	0.74	0.48	0.00	0.38	0.08	0.35	1.07	0.75
20	luwu	3.07	2.66	2.50	2.51	2.50	2.32	2.24	2.07	2.00	1.83	1.48	1.49	1.60	1.08	1.10	0.99	0.95	0.69	0.38	0.00	0.38	0.08	0.73	0.53
21	Toraja Utara	3.17	2.67	2.57	2.54	2.45	2.26	2.18	2.15	1.95	1.82	1.59	1.42	1.45	1.11	0.99	0.91	0.82	0.56	0.08	0.38	0.00	0.34	1.03	0.69
22	Palopo	3.15	2.73	2.57	2.57	2.55	2.37	2.29	2.14	2.05	1.89	1.55	1.54	1.63	1.14	1.14	1.03	0.98	0.72	0.35	0.08	0.34	0.00	0.72	0.47
23	Luwu timur	3.54	3.26	3.03	3.08	3.14	2.97	2.90	2.59	2.65	2.46	2.00	2.17	2.32	1.71	1.81	1.69	1.68	1.42	1.07	0.73	1.03	0.72	0.00	0.44
24	Luwu Utara	3.58	3.19	3.02	3.03	3.02	2.84	2.76	2.58	2.52	2.36	1.99	2.01	2.10	1.60	1.61	1.50	1.45	1.18	0.75	0.53	0.69	0.47	0.44	0.00

Sumber: Olah Data Statistik 2017

**Lampiran 4.** Pembobot  $W_{ij}$  dengan Fungsi *Fixed Gaussian Kernel*

Lokasi ke-	Kab/Kota	Lokasi ke-																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Selayar	1.00	0.27	0.48	0.33	0.06	0.03	0.02	0.15	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Jeneponto	0.27	1.00	0.69	0.90	0.75	0.58	0.50	0.36	0.36	0.26	0.05	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Bulukumba	0.48	0.69	1.00	0.91	0.36	0.30	0.26	0.70	0.26	0.27	0.14	0.05	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Bantaeng	0.33	0.90	0.91	1.00	0.61	0.52	0.46	0.61	0.41	0.36	0.11	0.07	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Takalar	0.06	0.75	0.36	0.61	1.00	0.93	0.87	0.25	0.63	0.43	0.05	0.14	0.11	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Gowa	0.03	0.58	0.30	0.52	0.93	1.00	0.99	0.29	0.82	0.60	0.09	0.27	0.23	0.05	0.05	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Makassar	0.02	0.50	0.26	0.46	0.87	0.99	1.00	0.29	0.89	0.67	0.12	0.34	0.30	0.07	0.07	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Sinjai	0.15	0.36	0.70	0.61	0.25	0.29	0.29	1.00	0.42	0.55	0.52	0.18	0.06	0.13	0.04	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Maros	0.02	0.36	0.26	0.41	0.63	0.82	0.89	0.42	1.00	0.92	0.27	0.59	0.44	0.20	0.18	0.13	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Pangkep	0.02	0.26	0.27	0.36	0.43	0.60	0.67	0.55	0.92	1.00	0.48	0.69	0.43	0.34	0.26	0.21	0.14	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Bone	0.01	0.05	0.14	0.11	0.05	0.09	0.12	0.52	0.27	0.48	1.00	0.39	0.13	0.61	0.24	0.27	0.16	0.10	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
12	Barru	0.00	0.05	0.05	0.07	0.14	0.27	0.34	0.18	0.59	0.69	0.39	1.00	0.82	0.63	0.71	0.62	0.50	0.25	0.04	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00
13	Soppeng	0.00	0.03	0.02	0.03	0.11	0.23	0.30	0.06	0.44	0.43	0.13	0.82	1.00	0.34	0.62	0.48	0.46	0.21	0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00
14	Wajo	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05	0.07	0.13	0.20	0.34	0.61	0.63	0.34	1.00	0.74	0.82	0.64	0.51	0.14	0.12	0.10	0.09	0.00	0.01
15	Pare-Pare	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.05	0.07	0.04	0.18	0.26	0.24	0.71	0.62	0.74	1.00	0.97	0.94	0.70	0.21	0.11	0.16	0.09	0.00	0.01
16	Sidrap	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.05	0.04	0.13	0.21	0.27	0.62	0.48	0.82	0.97	1.00	0.95	0.79	0.28	0.16	0.21	0.14	0.01	0.02
17	Pinrang	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.09	0.14	0.16	0.50	0.46	0.64	0.94	0.95	1.00	0.88	0.36	0.19	0.29	0.17	0.01	0.02
18	Enrekang	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.05	0.10	0.25	0.21	0.51	0.70	0.79	0.88	1.00	0.65	0.41	0.56	0.38	0.02	0.08
19	Tana Toraja	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.03	0.14	0.21	0.28	0.36	0.65	1.00	0.77	0.99	0.80	0.12	0.36
20	luwu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.12	0.11	0.16	0.19	0.41	0.77	1.00	0.76	0.99	0.37	0.60
21	Toraja Utara	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.10	0.16	0.21	0.29	0.56	0.99	0.76	1.00	0.81	0.14	0.41
22	Palopo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.09	0.09	0.14	0.17	0.38	0.80	0.99	0.81	1.00	0.38	0.66
23	Luwu timur	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.12	0.37	0.14	0.38	1.00	0.70	
24	Luwu Utara	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.08	0.36	0.60	0.41	0.66	0.70	1.00

Sumber: Olah Data Statistik 2017



**Lampiran 5.** Nilai Penduga Parameter Model *Geographically Weighted Regression*

Lokasi ke-	Kab/Kota	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$
1	Selayar	91.581	-0.321	0.153	0.080	-0.488
2	Jeneponto	92.860	-0.362	-0.110	0.026	-0.338
3	Bulukumba	91.973	-0.343	-0.045	0.041	-0.365
4	Bantaeng	92.121	-0.349	-0.114	0.032	-0.330
5	Takalar	92.002	-0.370	-0.192	0.021	-0.256
6	Gowa	90.908	-0.374	-0.180	0.024	-0.205
7	Makassar	90.365	-0.377	-0.168	0.026	-0.180
8	Sinjai	89.435	-0.322	-0.196	0.038	-0.222
9	Maros	89.061	-0.375	-0.150	0.034	-0.135
10	Pangkep	88.288	-0.369	-0.144	0.042	-0.117
11	Bone	86.446	-0.354	-0.129	0.077	-0.085
12	Barru	87.494	-0.415	-0.071	0.061	-0.057
13	Soppeng	88.074	-0.438	-0.063	0.055	-0.052
14	Wajo	87.272	-0.427	-0.060	0.079	-0.045
15	Pare-Pare	88.080	-0.458	-0.051	0.067	-0.036
16	Sidrap	87.983	-0.459	-0.047	0.069	-0.032
17	Pinrang	88.070	-0.467	-0.042	0.066	-0.024
18	Enrekang	87.807	-0.472	-0.028	0.063	-0.005
19	Tana Toraja	87.370	-0.456	-0.027	0.047	0.017
20	Luwu	87.661	-0.459	-0.005	0.042	0.002
21	Toraja Utara	87.332	-0.453	-0.029	0.042	0.021
22	Palopo	87.629	-0.458	-0.007	0.038	0.007
23	Luwu Timur	90.191	-0.578	0.289	0.026	-0.058
24	Luwu Utara	88.754	-0.505	0.112	0.016	-0.013

Sumber: Olah Data Statistik 2017

**Lampiran 6(a).** Nilai Penduga Parameter Model *Mixed Geographically Weighted Regression*

Lokasi ke-	Kab/Kota	Lokal				Global
		$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_3$
1	Selayar	92.749	-0.359	0.176	-0.463	0.049
2	Jeneponto	91.850	-0.334	-0.121	-0.352	
3	Bulukumba	91.650	-0.334	-0.049	-0.370	
4	Bantaeng	91.404	-0.329	-0.120	-0.340	
5	Takalar	90.644	-0.337	-0.192	-0.267	
6	Gowa	89.660	-0.346	-0.173	-0.212	
7	Makassar	89.215	-0.353	-0.160	-0.186	
8	Sinjai	89.025	-0.312	-0.196	-0.227	
9	Maros	88.340	-0.360	-0.143	-0.138	
10	Pangkep	87.951	-0.362	-0.141	-0.118	
11	Bone	87.432	-0.370	-0.141	-0.083	
12	Barru	88.070	-0.426	-0.077	-0.056	
13	Soppeng	88.412	-0.445	-0.067	-0.051	
14	Wajo	88.310	-0.446	-0.070	-0.043	
15	Pare-pare	88.691	-0.470	-0.055	-0.034	
16	Sidrap	88.595	-0.471	-0.051	-0.029	
17	Pinrang	88.518	-0.476	-0.044	-0.020	
18	Enrekang	88.085	-0.477	-0.028	-0.001	
19	Tana Toraja	87.346	-0.456	-0.027	0.016	
20	Luwu	87.605	-0.459	-0.002	-0.002	
21	Toraja Utara	87.267	-0.453	-0.027	0.017	
22	Palopo	87.550	-0.458	-0.001	0.000	
23	Luwu timur	90.138	-0.583	0.322	-0.081	
24	Luwu Utara	88.767	-0.511	0.150	-0.050	

Sumber: Olah Data Statistik 2017

**Lampiran 6(b).** Model *Mixed Geographically Weighted Regression* untuk Setiap Lokasi

$$\hat{y}_1 = 92.749 - 0.359X_1 - 0.176X_2 - 0.463X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_2 = 91.850 - 0.334X_1 - 0.121X_2 - 0.352X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_3 = 91.650 - 0.334X_1 - 0.049X_2 - 0.370X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_4 = 91.404 - 0.329X_1 - 0.120X_2 - 0.340X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_5 = 90.644 - 0.337X_1 - 0.192X_2 - 0.267X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_6 = 89.660 - 0.346X_1 - 0.173X_2 - 0.212X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_7 = 89.215 - 0.353X_1 - 0.160X_2 - 0.186X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_8 = 89.025 - 0.312X_1 - 0.196X_2 - 0.227X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_9 = 88.340 - 0.360X_1 - 0.143X_2 - 0.138X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{10} = 87.951 - 0.362X_1 - 0.141X_2 - 0.118X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{11} = 87.432 - 0.370X_1 - 0.141X_2 - 0.083X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{12} = 88.407 - 0.427 - 0.077X_2 - 0.056X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{13} = 88.412 - 0.445X_1 - 0.067X_2 - 0.051X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{14} = 88.310 - 0.446X_1 - 0.070X_2 - 0.043X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{15} = 88.691 - 0.470X_1 - 0.055X_2 - 0.034X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{16} = 88.595 - 0.471X_1 - 0.051X_2 - 0.029X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{17} = 88.518 - 0.476X_1 - 0.044X_2 - 0.020X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{18} = 88.085 - 0.477X_1 - 0.028X_2 - 0.001X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{19} = 87.346 - 0.456X_1 - 0.027X_2 - 0.016X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{20} = 87.605 - 0.459X_1 - 0.002X_2 - 0.002X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{21} = 87.267 - 0.453X_1 - 0.027X_2 - 0.017X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{22} = 87.550 - 0.458X_1 - 0.001X_2 - 0.000X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{23} = 90.138 - 0.583X_1 + 0.322X_2 - 0.081X_4 + 0.049X_3$$

$$\hat{y}_{24} = 88.767 - 0.511X_1 + 0.150X_2 - 0.050X_4 + 0.049X_3$$

**Lampiran 6(c).** Hasil Perhitungan Model *Mixed Geographically Weighted Regression*

Lokasi ke-	Kabupaten/Kota	Y	$\hat{Y}$	$e$
1	Selayar	73.07	72.85	0.22
2	Jeneponto	69.82	69.73	0.09
3	Bulukumba	71.43	72.23	-0.80
4	Bantaeng	76.43	75.90	0.53
5	Takalar	70.62	71.26	-0.64
6	Gowa	76.59	76.27	0.32
7	Makassar	79.05	79.25	-0.20
8	Sinjai	71.33	70.92	0.41
9	Maros	74.62	74.88	-0.26
10	Pangkep	69.80	69.97	-0.17
11	Bone	70.48	70.79	-0.31
12	Barru	73.44	73.54	-0.10
13	Soppeng	74.49	74.44	0.05
14	Wajo	70.66	71.69	-1.03
15	Pare-pare	77.52	77.29	0.23
16	Sidrap	73.95	74.44	-0.49
17	Pinrang	73.89	73.84	0.05
18	Enrekang	77.24	76.63	0.61
19	Tana Toraja	80.16	79.83	0.33
20	Luwu	75.61	75.27	0.34
21	Toraja Utara	80.76	81.27	-0.51
22	Palopo	77.11	77.07	0.04
23	Luwu timur	76.06	75.75	0.31
24	Luwu Utara	72.30	72.86	-0.56

Sumber: Olah Data Statistik 2017

**Lampiran 7. Uji Kesesuaian Model dan Uji Simultan Parameter Model *Mixed Geographically Weighted Regression***

`%Uji Kesesuaian Model (F1)`

```
v1 =  
    9.7138  
v2 =  
    7.4679  
df1 =  
   12.6351  
u1 =  
    9.2862  
u2 =  
    7.0403  
df2 =  
   12.2485  
F1 =  
    6.4403
```

`%Uji Simultan Global (F2)`

```
r1 =  
    0.8585  
r2 =  
    0.7370  
df3 =  
    1.0000  
F2 =  
    5.3162
```

`%Uji Simultan Lokal (F3)`

```
t1 =  
   13.7138  
t2 =  
   11.4679  
df4 =  
   16.3995  
F3 =  
  5.2301e+003
```

**Lampiran 8.** Uji Parsial Parameter Model *Mixed Geographically Weighted Regression*

Lokasi ke-	Kab/Kota	Lokal			Global	$t_{tabel}$
		$ t_{hit}(\hat{\beta}_1) $	$ t_{hit}(\hat{\beta}_2) $	$ t_{hit}(\hat{\beta}_4) $	$ t_{hit}(\hat{\beta}_3) $	$t_{0.05,12.2}$
1	Selayar	6.442*	1.698	6.727*	2.306*	2.179
2	Jenepono	7.235*	1.879	6.069*		
3	Bulukumba	7.343*	0.716	6.450*		
4	Bantaeng	7.448*	1.983	6.154*		
5	Takalar	8.062*	4.217*	5.592*		
6	Gowa	8.663*	4.214*	5.056*		
7	Makassar	8.969*	3.982*	4.611*		
8	Sinjai	8.098*	3.918*	5.377*		
9	Maros	9.689*	3.568*	3.533*		
10	Pangkep	10.081*	3.477*	2.989*		
11	Bone	9.745*	3.105*	2.016		
12	Barru	11.896*	1.856	1.327		
13	Soppeng	11.758*	1.533	1.198		
14	Wajo	13.036*	1.732	0.993		
15	Pare-pare	13.791*	1.305	0.772		
16	Sidrap	13.781*	1.205	0.653		
17	Pinrang	13.275*	1.016	0.439		
18	Enrekang	12.093*	0.553	0.013		
19	Tana Toraja	8.775*	0.316	0.237		
20	luwu	8.391*	0.021	0.017		
21	Toraja Utara	8.390*	0.300	0.440		
22	Palopo	8.143*	0.011	0.004		
23	Luwu timur	5.791*	1.272	0.452		
24	Luwu Utara	6.812*	0.772	0.302		

Sumber: Olah Data Statistik 2017

Keterangan:

\* : Signifikan

**Lampiran 9.** Koefisien Determinasi ( $R^2$ )

Lokasi Ke-	Kabupaten/Kota	$R^2$
1	Selayar	0.947764
2	Jeneponto	0.977403
3	Bulukumba	0.968423
4	Bantaeng	0.974768
5	Takalar	0.982849
6	Gowa	0.983945
7	Makassar	0.984365
8	Sinjai	0.97151
9	Maros	0.983768
10	Pangkep	0.981668
11	Bone	0.967257
12	Barru	0.977957
13	Soppeng	0.97988
14	Wajo	0.971472
15	Pare-pare	0.973628
16	Sidrap	0.973487
17	Pinrang	0.974435
18	Enrekang	0.976033
19	Tana Toraja	0.977355
20	Luwu	0.977933
21	Toraja Utara	0.977713
22	Palopo	0.978413
23	Luwu timur	0.9714
24	Luwu Utara	0.97906

Sumber: Olah Data Statistik 2017

**Lampiran 10. Tabel Uji *F***

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234	236.8	238.9	240.5	241.9	243	243.9	244.7	245.4	245.9	246.5
2	18.51	19	19.16	19.25	19.3	19.33	19.35	19.37	19.38	19.4	19.4	19.41	19.42	19.42	19.43	19.43
3	10.13	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.786	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.692
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.858	5.844
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.05	4.95	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.678	4.655	4.636	4.619	4.604
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.06	4.027	4	3.976	3.956	3.938	3.922
7	5.591	4.737	4.347	4.12	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.55	3.529	3.511	3.494
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.687	3.581	3.5	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.202
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.23	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.989
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.02	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.828
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.701
12	4.747	3.885	3.49	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.599
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.533	2.515
14	4.6	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.445
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.79	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.385
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.425	2.397	2.373	2.352	2.333



**Lampiran 11.** Tabel Uji *t*

d.f.	TINGKAT SIGNIFIKANSI						
	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
dua sisi	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
satu sisi	10%	5%	2.5%	1%	0.5%	0.1%	0.05%
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.309	636.619
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745