

**PENERAPAN MODEL *MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED
REGRESSION* PADA KASUS BENCANA BANJIR DI KALIMANTAN
SELATAN**

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh
MONIKA REFIANA NURFADILA
H02219013

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : MONIKA REFIANA NURFADILA

NIM : H02219013

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "PENERAPAN MODEL *MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* PADA KASUS BENCANA BANJIR DI KALIMANTAN SELATAN". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 12 Juni 2023

Yang menyatakan,


MONIKA REFIANA NURFADILA
NIM. H02219013

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : MONIKA REFIANA NURFADILA
NIM : H02219013
Judul skripsi : PENERAPAN MODEL *MIXED GEOGRAPHICALLY
WEIGHTED REGRESSION* PADA KASUS BENCANA
BANJIR DI KALIMANTAN SELATAN

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I

Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032002

Pembimbing II

Putroue Keumala Intan, M.Si
NIP. 198805282018012001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya

Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : MONIKA REFIANA NURFADILA
NIM : H02219013
Judul Skripsi : PENERAPAN MODEL *MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* PADA KASUS BENCANA BANJIR DI KALIMANTAN SELATAN

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 20 Juni 2023

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I



Dian Candra Rini Novitasari, M.Kom
NIP. 198511242014032001

Penguji II



Hani Khaulasari, M.Si
NIP. 199102092020122011

Penguji III



Yuniar Farida, M.T
NIP. 197905272014032002

Penguji IV




Putroue Keumala Intan, M.Si
NIP. 198805282018012001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya




Saepul Hamdani, M.Pd
NIP. 196507312000031002



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Monika Refiana Nurfadila
NIM : H02219013
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika
E-mail address : monikarefiana00@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

Penerapan Model Mixed Geographically Weighted Regression Pada Kasus Bencana

Banjir di Kalimantan Selatan

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 10 Juli 2023

Penulis

(Monika Refiana Nurfadila)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

PENERAPAN MODEL *MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* PADA KASUS BENCANA BANJIR DI KALIMANTAN SELATAN

Bencana banjir menjadi salah satu permasalahan krusial yang dihadapi beberapa Provinsi di Indonesia, salah satunya Provinsi Kalimantan Selatan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh atas kejadian banjir sebagai upaya dalam meminimalisir kerugian. Penelitian ini menggunakan metode statistika spasial yaitu *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR). Metode MGWR merupakan model gabungan antara model regresi linear dan model regresi terboboti (*Geographically Weighted Regression*). Pembobot yang digunakan yaitu *Adaptive Gaussian* dan *Adaptive Bisquare*. Dengan variabel independen yang dipakai yaitu kepadatan penduduk (x_1), curah hujan (x_2), luas wilayah permukiman (x_3) dan luas wilayah hutan (x_4). Penerapan model MGWR dalam menganalisis penyebab banjir di Kalimantan Selatan menghasilkan dua kelompok berdasarkan variabel yang berpengaruh pada setiap wilayahnya. Terdapat 8 wilayah Kabupaten/Kota terjadinya banjir disebabkan oleh luas permukiman (x_3) yaitu Kabupaten Banjar, Kota Banjarbaru, Kota Banjarmasin, Kabupaten Barito Kuala, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kabupaten Kotabaru dan Kabupaten Tapin. Wilayah lain yaitu Kabupaten Balangan, Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kabupaten Tabalong, Kabupaten Tanah Bumbu dan Kabupaten Tanah Laut terjadinya banjir dipengaruhi oleh curah hujan (x_2), luas permukiman (x_3) dan luas hutan (x_4). Hasil R^2 model MGWR dalam menentukan faktor-faktor penyebab banjir pada setiap wilayah di Kalimantan sebesar 88,57%.

Kata kunci: Banjir, *Mixed Geographically Weighted Regression*, Pemetaan

ABSTRACT

APPLICATION OF THE *MIXED GEGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* MODEL IN THE CASES OF THE FLOODS DISASTER IN SOUTH KALIMANTAN

Flood disasters are one of the crucial problems faced by several provinces in Indonesia, one of which is South Kalimantan Province. This study was conducted to determine the factors that influence flood events to minimize losses. This study used spatial statistical methods, namely *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR). The MGWR method is a combined model between a linear regression model and a weighted regression model (*Geographically Weighted Regression*). The weights used are *Adaptive Gaussian* and *Adaptive Bisquare*. The independent variables used are population density (x_1), rainfall (x_2), residential area (x_3) and forest area (x_4). The application of the MGWR model in analyzing the causes of flooding in South Kalimantan resulted in two groups based on variables that affect each region. There are 8 districts/cities where flooding occurs due to the area of settlements (x_3), namely Banjar Regency, Banjarbaru City, Banjarmasin City, Barito Kuala Regency, South Hulu Sungai Regency, North Hulu Sungai Regency, Kotabaru Regency and Tapin Regency. Other areas are Balangan Regency, Hulu Sungai Tengah Regency, Tabalong Regency, Tanah Bumbu Regency and Tanah Laut Regency. The occurrence of floods is influenced by rainfall (x_2), settlement area (x_3) and forest area (x_4). The result of the R^2 MGWR model in determining the factors causing flooding in each region in Kalimantan amounted to 88.57%.

Keywords: Floods, *Mixed Geographically Weighted Regression*, Mapping

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	11
1.3. Tujuan Penelitian	12
1.4. Manfaat Penelitian	12
1.5. Batasan Masalah	13
1.6. Sistematika Penulisan	13
II TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1. Banjir	15
2.2. Kepadatan Penduduk	17
2.3. Curah Hujan	18
2.4. Lahan Permukiman	18
2.5. Lahan Hutan	20
2.6. Pemetaan Wilayah	21
2.7. Regresi Linear	23

2.7.1.	Estimasi Parameter Regresi Linear	24
2.7.2.	Pengujian Parameter Regresi Linear	25
2.7.3.	Analisis Uji Asumsi Klasik	27
2.8.	Data Spasial	31
2.8.1.	<i>Spatial Dependence</i>	32
2.8.2.	<i>Spatial Heterogenity</i>	34
2.9.	<i>Geographically Weighted Regression</i>	35
2.9.1.	Fungsi Pembobot Model GWR	36
2.9.2.	Penentuan <i>Bandwidth</i>	38
2.9.3.	Pengujian Parameter Model GWR	38
2.10.	Variabilitas Spasial	41
2.11.	<i>Mixed Geographically Weighted Regression</i>	42
2.11.1.	Pendugaan Parameter MGWR	43
2.11.2.	Pengujian Hipotesis Model MGWR	46
2.12.	Penentuan Koefisien Determinasi	48
2.13.	Integrasi Keilmuan	49
III	METODE PENELITIAN	53
3.1.	Jenis Penelitian	53
3.2.	Sumber Data	53
3.3.	Tahapan Penelitian	54
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	58
4.1.	Analisis Data Penelitian	58
4.2.	Model Regresi Linear	63
4.2.1.	Penaksiran Parameter Model Regresi	64
4.2.2.	Hasil Pemeriksaan Parameter Regresi Secara Keseluruhan	65
4.2.3.	Pengujian Parameter Regresi Secara Parsial	65
4.2.4.	Pengujian Asumsi Klasik	66
4.3.	Pengujian Asumsi Model <i>Geographically Weighted Regression</i>	69
4.4.	Model <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR)	70
4.4.1.	Penentuan <i>Bandwidth</i>	70

4.4.2.	Penaksiran Parameter GWR Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i>	73
4.4.3.	Pemeriksaan Parameter Model GWR Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i>	75
4.4.4.	Penaksiran Parameter GWR Pembobot <i>Adaptive Bisquare</i>	76
4.4.5.	Pemeriksaan Parameter Model GWR Pembobot <i>Adaptive Bisquare</i>	77
4.4.6.	Hasil Pemetaan <i>Geographically Weighted Regression</i>	79
4.5.	Pengujian Variabilitas Spasial	83
4.6.	Model <i>Mixed Geographically Weighted Regression</i>	85
4.6.1.	Penaksiran Parameter Model MGWR	86
4.6.2.	Pemeriksaan Kebaikan Model MGWR	87
4.6.3.	Pemeriksaan Parameter Model MGWR	88
4.7.	Penentuan Koefisien Determinasi Model	92
4.8.	Relevansi Hasil Penelitian dengan Islam	93
V	PENUTUP	97
5.1.	Kesimpulan	97
5.2.	Saran	98
	DAFTAR PUSTAKA	98
A	DATA PENELITIAN	114
B	NILAI T HITUNG GWR	115
C	MODEL GWR	116
D	MODEL MGWR	117
E	TABEL CHI-SQUARE	118
F	TABEL KOLMOGOROV-SMIRNOV	119
G	TABEL KOLMOGOROV-SMIRNOV	120
H	TABEL DURBIN-WASTON	121
I	TABEL UJI-F	122
J	TABEL UJI-T	123

DAFTAR TABEL

2.1	ANOVA	26
3.1	Variabel-Variabel Penelitian	54
3.2	Sampel Data Penelitian	54
4.1	Hasil Penaksiran Parameter Model Regresi	64
4.2	Hasil ANOVA	65
4.3	Uji Parameter Secara Parsial	66
4.4	Hasil nilai VIF	67
4.5	Hasil Nilai Heterokedstisitas	68
4.6	Hasil Pengujian Heterogenitas Spasial	69
4.7	Bandwidth <i>Adaptive Gaussian</i> dan <i>Adaptive Bisquare</i>	71
4.8	Jarak Euclidean	72
4.9	Pembobot <i>Adaptive Gaussian</i> Setiap Lokasi Pengamatan	72
4.10	Pembobot <i>Adaptive Bisquare</i> Setiap Lokasi Pengamatan	73
4.11	Penaksiran Parameter GWR <i>Adaptive Gaussian</i>	74
4.12	Kesesuaian Model GWR <i>Adaptive Gaussian</i>	75
4.13	Uji Parameter GWR <i>Adaptive Gaussian</i> di Kabupaten Tabalong	76
4.14	Penaksiran Parameter GWR <i>Adaptive Bisquare</i>	77
4.15	Uji Parameter Secara Keseluruhan GWR <i>Adaptive Bisquare</i>	78
4.16	Uji Parameter Sebagian GWR <i>Adaptive Bisquare</i> di Kabupaten Tabalong	78
4.17	Hasil GWR <i>Adaptive Gaussian</i> Pada Setiap Wilayah	79
4.18	Hasil GWR <i>Adaptive Bisquare</i> Pada Setiap Wilayah	81
4.19	Uji Variabilitas Spasial GWR <i>Adaptive Gaussian</i>	84
4.20	Uji Variabilitas Spasial GWR <i>Adaptive Bisquare</i>	85
4.21	Hasil Penaksiran Parameter Global	86
4.22	Hasil Penaksiran Parameter Lokal	87

4.23 Pengujian Kebaikan Model MGWR	88
4.24 Pengujian Parsial Parameter Global	88
4.25 Pengujian Parsial Parameter Lokal	89
4.26 Hasil MGWR Pada Setiap Wilayah	90
4.27 Pengelompokan Wilayah	91
4.28 Nilai Koefisien Determinasi Setiap Model	92



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

2.1	Topografi Kalimantan Selatan Sumber: (SIMTARU, 2018b)	16
2.2	Peta Rawan Bencana Sumber: (SIMTARU, 2018a)	22
2.3	Kepadatan Penduduk Kalimantan Selatan	32
3.1	Alur Penelitian	57
4.1	Kejadian Banjir di Kalimantan Selatan Tahun 2021	59
4.2	Kepadatan Penduduk di Kalimantan Selatan Tahun 2021	60
4.3	Curah Hujan di Kalimantan Selatan Tahun 2021	61
4.4	Luas Permukiman di Kalimantan Selatan Tahun 2021	62
4.5	Luas Hutan di Kalimantan Selatan Tahun 2021	63
4.6	Hasil Pemetaan GWR <i>Adaptive Gaussian</i>	80
4.7	Hasil Pemetaan GWR <i>Adaptive Bisquare</i>	82
4.8	Hasil Pemetaan MGWR	91

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Fenomena bencana alam termasuk salah satu permasalahan krusial yang dialami oleh suatu negara, termasuk Indonesia. Indonesia menduduki peringkat 36 dari 172 negara sangat rawan bencana sesuai dengan data dari *World risk report* tahun 2018 (Hadi et al., 2019). Indonesia terletak didaerah rawan bencana dapat dilihat dari aspek klimatologis, geografis dan demografis (Kamila et al., 2018). Dilihat dari aspek geografis, Indonesia terletak di persimpangan tiga lempeng utama yaitu pada bagian selatan ada lempeng Pasifik dan lempeng Indo-Australia serta pada bagian utara ada lempeng Eurasia (Krisdiyanto, 2021). Selain itu, Indonesia terletak pada zona iklim tropis yang ditandai dengan tingginya rata-rata curah hujan ketika musim penghujan yang berkisar pada 2.000 - 3.000 mm per tahun dan memiliki curah hujan dengan rata-rata rendah pada musim kemarau (Herawati et al., 2015). Curah hujan yang tinggi akan berpotensi turun hujan yang deras dan berkepanjangan sehingga menyebabkan bencana alam.

Bencana alam yang melanda negara Indonesia terdapat dua macam yaitu bencana alam hidrometeorologi serta bencana alam geologi. Bencana alam hidrometeorologi adalah bencana alam yang berkaitan dengan cuaca, dimana dengan perubahan cuaca yang terjadi akan meningkatkan bencana alam semacam banjir, puting beliung maupun tanah longsor (Rosyida et al., 2019). Dimana bencana alam hidrometeorologi mendominasi kejadian bencana di Indonesia

sebesar 97,12% seperti banjir, abrasi, tanah longsor, angin topan, kekeringan dan kebakaran hutan (Ramadhan et al., 2022). Disamping itu, bencana alam geologi termasuk ke dalam bencana alam yang berlangsung di muka bumi seperti gunung meletus, gempa bumi maupun tsunami. Bencana alam dapat membahayakan dan mengancam siapapun, dimanapun dan kapanpun dikarenakan karakteristik terjadinya bencana alam tidak dapat diprediksi secara akurat (Yu et al., 2018), (Lusi et al., 2020). Sehingga mengakibatkan penderitaan manusia karena dampak yang ditimbulkan relatif serius. Dampak yang ditimbulkan antara lain kerusakan lingkungan, korban manusia maupun kerugian materi (Sutrisnawati, 2018).

Sesuai dengan data publikasi oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) peristiwa bencana alam mulai tahun 2010 hingga 2020 di Indonesia memiliki pola cenderung meningkat setiap tahunnya, tercatat bahwa bencana alam tertinggi terjadi pada tahun 2019 yaitu sebanyak 3.814 kasus (Pusparisa, 2021). Bencana alam yang terjadi di tahun 2019 salah satu penyebabnya yaitu peningkatan jumlah penduduk di Indonesia yang mencapai 266.911 ribu jiwa (Rosyida et al., 2019). Pertumbuhan penduduk yang semakin banyak akan menyebabkan kebutuhan lahan hunian yang luas memicu masyarakat mengalihkan lahan fungsi serapan air untuk dibangun permukiman.

Pada tahun 2020 total bencana yang terjadi di Indonesia sebanyak 4.650, didominasi bencana banjir sebesar 1.518 kasus disusul dengan bencana puting beliung sebesar 1.386 dan tanah longsor sebesar 1.054 kasus (BNPB, 2020). Bencana tahun 2020 mengakibatkan korban sebanyak 376 jiwa meninggal dunia, 42 jiwa hilang, 619 jiwa mengalami luka-luka dan 6.796.707 jiwa mengungsi dan menderita. Sedangkan, pada tahun 2021 kasus bencana alam mengalami kenaikan dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Tercatat sebanyak 5.402 kasus bencana

dengan rincian bencana banjir yang masih mendominasi sebesar 1.794 kasus, disusul oleh cuaca ekstrem sebanyak 1.577 kasus dan tanah longsor sebanyak 1.321 kasus (BNPB, 2021). Berdasarkan data tersebut fenomena bencana alam di Indonesia yaitu banjir masih terjadi setiap tahunnya serta dampak yang ditimbulkan sangat serius.

Bencana banjir merupakan fenomena yang kompleks dikarenakan adanya kesinambungan antara aspek alam maupun sosial (Tenri Sompia et al., 2021). Aspek lingkungan alam meliputi kondisi topografi maupun kualitas daerah aliran sungai, sedangkan aspek lingkungan sosial meliputi serangkaian aktivitas masyarakat yang kurang memperhatikan alam. Pada dasarnya bencana banjir di Indonesia disebabkan oleh lima faktor yaitu hujan lebat, pendangkalan sungai, alih fungsi lahan, kesalahan pembuatan alur sungai dan banjir pantai (Narulita and Ningrum, 2018). Selain itu, belakangan ini perubahan iklim yang ekstrem juga menjadi indikator intensitas hujan di Indonesia cukup tinggi sehingga menimbulkan frekuensi banjir juga tinggi (Nugraheni et al., 2022). Di sisi lain, banjir juga dapat disebabkan oleh pembangunan tata ruang yang kurang tepat tanpa memperhatikan lingkungan sekitar.

Berbagai musibah atau bencana yang terjadi di bumi secara tidak langsung berkaitan dengan ulah manusia sendiri. Seperti bencana banjir, tanah longsor, gempa bumi maupun kekeringan. Seperti firman Allah SWT pada QS.As-Syu'ara ayat 151-152 berikut.

﴿۱۵۱﴾ وَلَا تُطِيعُوا أَمْرَ الْمُسْرِفِينَ ﴿۱۵۲﴾ الَّذِينَ يُفْسِدُونَ فِي الْأَرْضِ وَلَا يُصْلِحُونَ ﴿۱۵۱﴾

Artinya : Dan janganlah kamu mentaati perintah orang-orang yang melewati batas.

(Mereka) yang membuat kerusakan di muka bumi dan tidak mengadakan perbaikan. Berdasarkan surat As-Syu'ara ayat 151-152, terjadinya bencana tidak luput dari perbuatan manusia yang melewati batas. Perbuatan melanggar larangan-larangan Allah dan mengingkari perintahnya yang biasa disebut dengan perbuatan maksiat. Perbuatan yang melewati batas tersebut direpresentasikan pada bagaimana manusia dalam memperlakukan alam. Banyak perbuatan manusia yang melewati batas yaitu mengeksploitasi sumber daya alam demi memenuhi kebutuhan dan kesenangan manusia serta akumulasi kekayaan pada sebagian orang. Selain itu, fenomena maraknya penebangan hutan atau deforestasi yang dilakukan secara liar dan berlebihan tanpa melakukan reboisasi. Manusia telah dibutakan oleh kesenangan semata sehingga mereka tidak memfikirkan suatu pengadaan perbaikan untuk alam. Kondisi tersebut akan mengakibatkan kerusakan yang menyebabkan alam kehilangan fungsinya dalam menyeimbangkan kehidupan makhluk hidup serta mencegah bencana alam seperti banjir.

Bencana banjir telah ada sejak zaman dahulu, seperti banjir yang terjadi pada kaum Nabi Nuh. Terjadinya banjir pada kaum Nabi Nuh tertera pada QS. Hud:43.

UIN
S U R A B A Y A

قَالَ سَأُوۡبَىٰٓ إِلَىٰ جَبَلٍ يَّعِصْمُنِي مِنَ الْمَآءِ ۗ قَالَ لَا عَاصِمَ الْيَوْمَ مِنْ أَمْرِ اللَّهِ إِلَّا مَنْ رَّحِمَ ۗ وَحَالَ بَيْنَهُمَا الْمَوْجُ فَكَانَ مِنَ الْمُهْرَقِينَ ﴿٤٣﴾

Artinya: Anaknya menjawab: ” Aku akan mencari perlindungan ke gunung yang dapat memeliharaku dari air bah!” Nuh berkata: ”Tidak ada yang melindungi hari ini dari azab Allah selain Allah(saja) Yang Maha Penyayang”. Dan gelombang menjadi penghalang antara keduanya, maka jadilah anak itu termasuk orang-orang yang ditenggelamkan.

Berdasarkan surat Hud ayat 43 menjelaskan bahwa bencana banjir yang

terjadi menenggelamkan kaum Nabi Nuh yang tidak mau beriman kepada Allah. Termasuk anaknya sendiri yang tidak mengikuti jalan Nabi Nuh sehingga juga termasuk kaum yang ditenggelamkan. Diturunkannya banjir bandang pada kaum Nabi Nuh merupakan kemurkaan Allah (azab) untuk membinasakan orang-orang yang kafir. Namun, untuk kejadian banjir di masa sekarang bisa saja termasuk kedalam musibah, peringatan maupun azab dari Allah. Sehingga perlu introspeksi diri seraya memohon ampunan kepada Allah agar selalu diberikan pertolongan.

Terjadinya banjir menyebabkan dampak yang serius diberbagai sektor kehidupan. Pada sektor perekonomian, pelaku usaha akan mengalami kerugian karena menurunnya finansial (Gertz et al., 2019). Pada sektor perekonomian daerah yang paling terdampak parah yaitu daerah industri dan perkotaan (Meira and Philips, 2019). Semua kerugian ekonomi tersebut ditimbulkan dari terganggunya aktivitas perekonomian seperti kegiatan jual beli, kegiatan produksi maupun distribusi. Dari aspek ekonomi, banjir juga menyebabkan masyarakat kehilangan mata pencaharian dan kehilangan harta benda. Banjir juga menyebabkan masalah kesehatan, adanya genangan air dan banyaknya sampah berserakan yang mengandung bakteri, virus maupun kuman dapat menyebabkan masyarakat rentan terkena penyakit (Yunida et al., 2017). Dari sektor pendidikan, banjir juga menyebabkan fasilitas sarana dan prasarana terendam sehingga menghambat kegiatan belajar mengajar. Dampak lain dari banjir yaitu korban jiwa, dimana seiring bertambahnya frekuensi kasus banjir setiap tahunnya juga diikuti dengan bertambahnya korban jiwa pula. Selain itu, dampak banjir terhadap lingkungan antara lain rusaknya sarana dan prasarana seperti gedung, rumah maupun kendaraan. Banjir juga bisa memicu bencana lain yaitu tanah longsor. Hal tersebut dapat terjadi jika air banjir semakin tinggi menyebabkan terkikisnya tanah

sehingga akan menimbulkan tanah longsor.

Wilayah di Indonesia yang kerap dilanda bencana banjir salah satunya yaitu Pulau Kalimantan. Pulau Kalimantan menduduki peringkat ketiga pulau terbesar di dunia. Dimana Pulau Kalimantan dilewati garis khatulistiwa yang memberikan karakteristik tersendiri yaitu memiliki curah hujan, kelembapan dan suhu yang tergolong tinggi. Wilayah Kalimantan yang memiliki curah hujan tinggi yaitu Provinsi Kalimantan Selatan. Menurut publikasi BMKG Kalimantan Selatan curah hujan pada tahun 2019 di beberapa wilayah tergolong tinggi seperti Kabupaten Tabalong, Kabupaten Tanah Laut, Kabupaten Barito Kuala dan Kabupaten Banjar yang curah hujannya berkisar pada angka 301 - 400 mm (BMKG, 2019). Disamping itu, wilayah Kabupaten Barito Kuala memiliki curah hujan yang tergolong sangat tinggi yaitu diatas 500 mm (BMKG, 2019).

Kasus banjir di Kalimantan Selatan lebih banyak dibandingkan dengan Provinsi Kalimantan lainnya sebanyak 334 kasus (BPBD, 2022) yang dibarengi dengan bencana tanah longsor sehingga menyebabkan masyarakat tidak bisa melakukan kegiatan apapun (Muflih, 2022). Menurut data publikasi BPBD, kasus bencana banjir di Kalimantan Selatan dalam tahun 2018 hingga 2020 mengalami kenaikan secara signifikan. Pada tahun 2018 terdapat 30 kasus banjir yang melanda wilayah Kalimantan Selatan. Sedangkan, pada tahun 2019 mengalami pertambahan frekuensi kejadian sebanyak 36 kasus sehingga kasus bencana banjir pada tahun tersebut menjadi 66 kasus. Disamping itu, pada tahun 2020 menjadi periode terparah terjadinya banjir disebabkan frekuensi kasus bencana banjir mencapai angka 349 kasus.

Kejadian banjir di Provinsi Kalimantan Selatan pada pertengahan Januari 2021 menimpa 10 Kabupaten/Kota yaitu Kabupaten Banjar, Kabupaten Hulu

Sungai Tengah, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Tabalong, Kabupaten Balangan, Kabupaten Tapin, Kota Banjarbaru, Kota Banjarmasin dan Kota Tanah Laut (Zulaeha et al., 2022). Banjir yang melanda beberapa wilayah di Kalimantan Selatan menimbulkan berbagai kerugian antara lain terendamnya rumah sejumlah 24.379 rumah, sebanyak 39.549 penduduk mengungsi dengan uraian sebagai berikut bahwa di Kabupaten Tapin sejumlah 582 rumah terendam dan 382 orang mengungsi, Kabupaten Banjar sebanyak 11.269 jiwa mengungsi dan sebanyak 6.670 rumah terendam, Kota Tanah Laut sebanyak 13.062 jiwa mengungsi dan sebanyak 8.506 rumah terendam serta di Kota Banjarbaru sebanyak 3.690 jiwa mengungsi dan sebanyak 2.156 rumah terendam (Lestari and Hirawati, 2021).

Terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya bencana banjir di Kalimantan Selatan. Pertama, banjir disebabkan oleh curah hujan ekstrem yang berlangsung selama beberapa hari sehingga menyebabkan aliran sungai meluap (Prihartini et al., 2021). Kedua, terjadi peningkatan kejadian kebakaran hutan yang meluas di Kalimantan Selatan. Menurut sistem pemantauan Karhutla, luas kawasan hutan yang terbakar telah mencapai 137.848 hektar (Priagung, 2021) menyebabkan kurangnya lahan atau daerah resapan air sehingga menimbulkan banjir. Faktor ketiga yaitu jumlah penduduk yang semakin bertambah berpengaruh terhadap permintaan akan lahan permukiman yang luas. Pembangunan permukiman kurang memperhatikan daerah resapan air akibatnya mengurangi jumlah daerah resapan air (Puspitarini, 2021). Jika terjadi hujan dengan intensitas tinggi secara terus menerus sedangkan daerah resapan air kurang akan menyebabkan banjir.

Faktor lainnya yaitu pembukaan lahan baru untuk pertambangan batu bara serta perkebunan. Pembukaan lahan besar-besaran untuk kegiatan pertambangan batu bara memicu terjadinya bencana banjir. Hal tersebut dikarenakan masih

banyak kegiatan pembersihan lahan yang dijadikan pertambangan tidak memiliki izin AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan) serta tidak melakukan evaluasi kelayakan lingkungan (Mulyana, 2021). Selain itu, pengalihan fungsi lahan perhutanan sebagai perkebunan. Luas wilayah hutan di beberapa Daerah Aliran Sungai mengalami pengurangan dikarenakan pengalihan fungsi lahan hutan menjadi non hutan yang mengakibatkan kurangnya daerah resapan (Setiawan, 2021). Tercatat pada periode 2000 hingga 2018 luas lahan hutan di Kalimantan Selatan mengalami penurunan sebesar 26.27% atau sekitar 1.649,86 Ha, namun terjadi penambahan luas lahan perkebunan sebesar 2.169,16% atau sekitar 10.791,70 Ha (Wibawa et al., 2021). Pengurangan lahan hutan juga terjadi di Kabupaten Banjar sebesar 11,35% atau sekitar 32.209,24 Ha selama periode 2007-2017 serta pada wilayah Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut sebesar 659 Ha lahan hutan berkurang untuk dijadikan lahan perkebunan (Noer Dwi et al., 2021).

Kasus banjir yang melanda di wilayah Kalimantan Selatan terjadi di setiap tahun dan menyebabkan dampak yang sangat serius sehingga diperlukan solusi yang efektif. Salah satu solusi tersebut yaitu pemetaan banjir yang bertujuan untuk menjadi sarana pengelolaan banjir berkelanjutan (Zakaria et al., 2017). Pemetaan banjir merupakan tindakan menentukan daerah-daerah di peta yang kemungkinan terjadi banjir berdasarkan kondisi medan setempat (Lin and Billa, 2021). Hakikatnya dengan melakukan pemetaan kerawanan banjir dapat mendeteksi lokasi atau daerah mana yang kemungkinan besar terjadi banjir sehingga mudah untuk memberikan peringatan terjadinya banjir dan prosedur evakuasi pengungsi. Disamping untuk mendeteksi daerah rawan banjir, pemetaan juga berguna untuk mengetahui faktor-faktor penyebab banjir secara signifikan pada daerah tertentu.

Dengan melakukan pemetaan kerawanan banjir dapat menjadi suatu persiapan maupun mitigasi bencana sehingga dapat meminimalkan kerugian sumber daya serta meminimalisir korban jiwa.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu dalam menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya bencana banjir. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Sulaiman et al., 2020) berkaitan dengan analisis pemicu banjir di Kota Samarinda. Parameter yang digunakan yaitu jumlah kasus bencana banjir, luas wilayah serta curah hujan. Penelitian tersebut memberikan informasi bahwa terdapat dua faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir di Kota Samarinda yaitu aspek alam dan aspek manusia. Aspek alam meliputi topografi wilayah, curah hujan tinggi serta pasang surut air sungai Mahakam. Sedangkan, penyebab yang berasal dari manusia yaitu laju pertumbuhan penduduk yang tinggi sehingga meningkatkan kebutuhan pemukiman, infrastruktur, kebutuhan lahan pertanian, perkebunan maupun industri. Penyediaan lahan untuk kebutuhan manusia tersebut dapat memberikan efek terhadap tata guna lahan sehingga mengakibatkan menurunnya potensi tanah sebagai resapan air.

Dari penelitian Sulaiman et al.(2020), kejadian bencana di suatu wilayah tidak terlepas dari efek spasial. Sehingga dalam memetakan daerah rawan banjir beserta faktor yang berpengaruh dapat dilakukan menggunakan metode statistika spasial. Metode statistika spasial yang sering digunakan dalam penelitian yaitu *Geographically Weighted Regression* (GWR). Menurut Brunson et al. (1996) metode *Geographically Weighted Regression* termasuk kedalam teknik sederhana berasal dari pengembangan model regresi yang mencakup koefisien lokal atau berdasarkan wilayah (Yu et al., 2020). Menganalisis efek spasial dengan metode GWR diperlukan *bandwidth* untuk merepresentasikan lokasi pengamatan.

Beberapa jenis *bandwidth* atau pembobot yang dipakai dalam model GWR termasuk fungsi kernel *Bisquare*, kernel *Gaussian*, kernel *Tricube*, *Adaptive Bisquare*, *Adaptive Gaussian* serta *Adaptive Tricube*.

Metode statistika spasial terus mengalami perkembangan, sehingga terdapat metode baru yaitu *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR). Dimana metode MGWR merupakan kombinasi antara model koefisien linier dan spasial bervariasi (regresi terboboti) yang berguna untuk mengeksplorasi suatu kasus yang berkaitan dengan aspek lokasi (Chen and Mei, 2021). Dikembangkannya metode MGWR dikarenakan pada analisis regresi hanya memperkirakan parameter rata-rata dan global di keseluruhan wilayah (Shen and Tao, 2022), sedangkan dalam metode MGWR juga memperhatikan adanya parameter lokal. Metode MGWR juga terdapat pembobot yang merepresentasikan lokasi pengamatan dengan pembobot yang sama pada metode GWR. Metode MGWR lebih baik jika dibandingkan dengan metode sebelumnya (Yasin et al., 2018), sehingga telah ada penelitian-penelitian yang memakai metode MGWR.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan metode *Mixed Geographically Weighted Regression*. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Shabrina et al., 2021) mengenai pendekatan model *Geographically Weighted Regression* dan *Mixed GWR* (MGWR) pada platform sewa jangka pendek dalam konteks pariwisata perkotaan menggunakan pembobot *Adaptive Bisquare*. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui hubungan lokasi Airbnb dengan elemen pariwisata, diperoleh bahwa elemen makanan dan minuman serta indeks aksesibilitas transportasi umum berpengaruh secara lokal. Penelitian lain dari (Bera and Kangalli Uyar, 2019) mengenai pendekatan MGWR dalam menentukan faktor lokal dan global pada sewa kantor di Istanbul dengan menggunakan pembobot

Adaptive Gaussian. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa faktor gedung perkantoran yang memiliki satpam berpengaruh secara keseluruhan wilayah. Sedangkan, faktor yang berpengaruh secara lokal yaitu luas lantai ruang kantor dan rata-rata harga sewa setiap unit real estat.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa model MGWR lebih baik dalam menunjukkan faktor yang berpengaruh secara rinci pada suatu lokasi. Sehingga pada penelitian ini dalam memetakan daerah rawan bencana banjir di Kalimantan Selatan serta mengetahui faktor-faktor mempengaruhi terjadinya banjir baik secara lokal maupun global menggunakan model *Mixed Geographically Weighted Regression*. Diharapkan hasil dari penelitian ini berguna sebagai upaya mitigasi bencana banjir pada periode selanjutnya serta sebagai langkah preventif terjadinya bencana banjir di Kalimantan Selatan.

1.2. Rumusan Masalah

Sesuai pemaparan urgensi dari latar belakang, sehingga beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana bentuk model *Mixed Geographically Weighted Regression* pada kasus banjir di Kalimantan Selatan ?
2. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi secara signifikan pada kejadian banjir di Kalimantan Selatan ?
3. Bagaimana hasil pemetaan model *Mixed Geographically Weighted Regression* pada kasus banjir di Kalimantan Selatan ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diungkapkan, tujuan utama dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Memeroleh model *Mixed Geographically Weighted Regression* yang terbentuk pada kasus bencana banjir di Kalimantan Selatan.
2. Mendapatkan faktor-faktor yang mempengaruhi secara signifikan pada kejadian banjir di Kalimantan Selatan.
3. Mendapatkan hasil pemetaan model *Mixed Geographically Weighted Regression* pada kasus banjir di Kalimantan Selatan.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat-manfaat yang diharapkan serta yang ingin diberikan pada penelitian ini antara lain:

1. Manfaat Secara Teoritis

Diharapkan penelitian ini menjadi saran dalam mengembangkan ilmu pengetahuan pada perkuliahan secara teoritis. Selain itu, bisa menjadi sumber informasi terkait penyebab yang berpengaruh terhadap kejadian bencana serta lokasi rawan banjir di Kalimantan Selatan.

2. Manfaat Secara Praktis

Diharapkan penelitian menjadi sarana dalam membantu instansi terkait dalam melakukan langkah mitigasi bencana untuk menanggulangi bencana banjir di Kalimantan Selatan.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah yang dipakai pada penelitian ini antara lain :

1. Pembobot yang digunakan adalah *Adaptive Gaussian* dan *Adaptive Bisquare*.
2. Data penelitian yang digunakan yaitu kejadian banjir, kepadatan penduduk, curah hujan, luas permukiman dan luas hutan setiap Kabupaten/Kota di Kalimantan Selatan tahun 2021.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam kepenulisan skripsi terdapat beberapa sistematika penulisan diantaranya :

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan menerangkan terkait urgensi permasalahan yang terjadi, rumusan masalah, tujuan dari penelitian, batasan masalah, manfaat yang diperoleh dari penelitian, metode penelitian serta sistematika kepenulisan skripsi.

2. BAB II KAJIAN PUSTAKA

Pada bab kajian pustaka menerangkan terkait teori-teori yang dipakai dalam mendukung penuntasan penelitian yang dilakukan mengenai penerapan model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) pada kasus banjir di Kalimantan Selatan.

3. BAB III METEDOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian menerangkan terkait metode serta kerangka umum yang dirancang dalam penyelesaian penelitian terkait penerapan model

Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) pada kasus banjir di Kalimantan Selatan.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab hasil dan pembahasan menjelaskan secara rinci analisis dari hasil perhitungan model *Mixed Geographically Weighted Regression* dalam kasus bencana banjir di Kalimantan Selatan.

5. BAB V KESIMPULAN

Pada bab kesimpulan memberikan poin-poin penting atau hasil rangkuman dari analisis penerapan model *Mixed Geographically Weighted Regression* pada kasus bencana banjir di Kalimantan Selatan.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

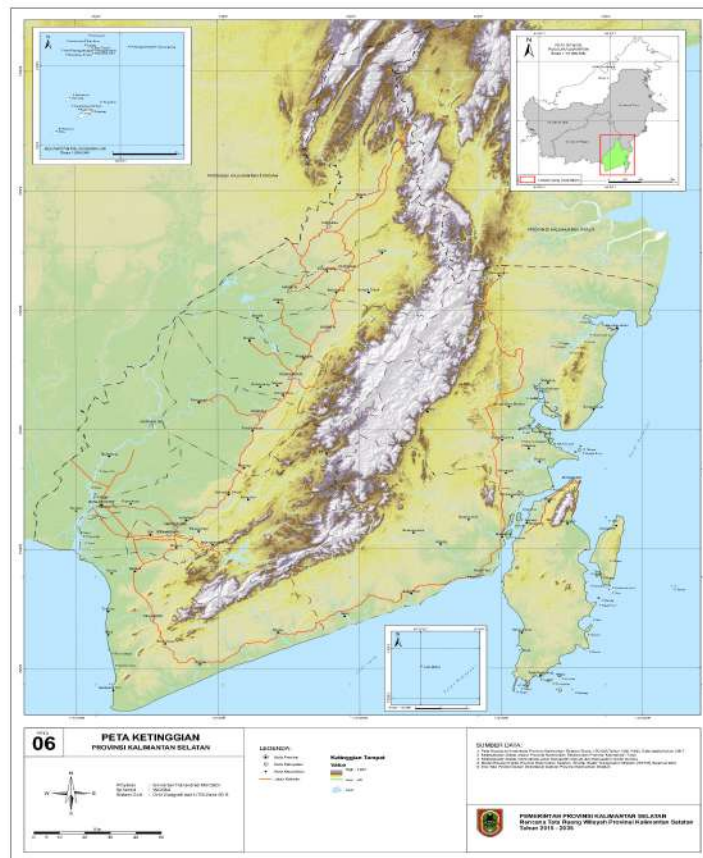
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Banjir

Banjir merupakan kondisi arus air mencapai tingkat yang lebih tinggi dari kapasitas maksimum sungai, sehingga menyebabkan genangan yang melebihi normal (Kasnar et al., 2019). Dapat dikatakan banjir jika telah memenuhi beberapa kondisi seperti hujan deras yang berkepanjangan, intensitas hujan yang melebihi daya serap infiltrasi tanah serta terjadi di wilayah yang luas sehingga total debit aliran air yang melebihi daya tampung sungai (BPBD, 2020).

Banjir umumnya melanda daerah sekitar sungai, dataran banjir yang tidak boleh dijadikan pemukiman, daerah datar, daerah pasang surut air laut maupun daerah cekungan (Maryati et al., 2019). Banjir disebabkan oleh beberapa faktor baik secara alami maupun antropogenik (perbuatan manusia). Faktor yang disebabkan oleh antropogenik antara lain drainase yang buruk, erosi tanah dan topografi suatu daerah (Zhu et al., 2022). Sedangkan, faktor alami yaitu curah hujan ekstrem karena perubahan iklim (Feng et al., 2021).

Wilayah yang sering terkena banjir yaitu Kalimantan Selatan, bencana tersebut terjadi dikarenakan kondisi dari topografi Kalimantan Selatan. Topografi Kalimantan Selatan ditampilkan dalam bentuk peta dibawah ini.



Gambar 2.1 Topografi Kalimantan Selatan
 Sumber: (SIMTARU, 2018b)

Berdasarkan Gambar 2.1, wilayah Kalimantan Selatan berada di dataran rendah pada bagian timur laut dan barat sedangkan pada bagian tengah merupakan dataran tinggi yang terbentuk oleh Pegunungan Meratus. Dalam peta diatas wilayah dataran rendah ditunjukkan dengan warna kuning maupun hijau muda, sedangkan wilayah dataran tinggi ditunjukkan dengan warna coklat. Rasio wilayah dataran rendah lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah dataran tinggi. Wilayah Kalimantan Selatan juga dominan sungai, dimana lokasi sungai dengan kemiringan yang datar.

Kondisi topografi seperti diatas mengakibatkan wilayah Kalimantan

Selatan rawan terjadi banjir. Seperti wilayah Hulu Sungai Tengah yang setiap tahunnya terkena banjir dikarenakan adanya kiriman air dari Pegunungan Meratus serta luapan aliran sungai Barito (Alpishah, 2022). Wilayah lain seperti Kota Banjarmasin yang menjadi jalur menuju laut jawa rawan tergenang air ketika kenaikan air laut yang cukup tinggi. Banjir yang terjadi pada wilayah Kalimantan Selatan memiliki ketinggian air yang bervariasi mulai dari 50 cm - 3 m (Mufflih, 2022). Ketinggian banjir yang mencapai 3 m menyebabkan kerusakan yang parah serta menimbulkan korban jiwa.

2.2. Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk merupakan situasi dimana penduduk suatu daerah berubah dari tahun ke tahun karena perubahan alam atau migrasi penduduk dari daerah lain. Dimana parameter kepadatan penduduk membantu mendeteksi jumlah penduduk secara spasial (Puspitotanti and Karmilah, 2022). Kepadatan penduduk disuatu wilayah terjadi dikarenakan angka kematian dan kelahiran bayi yang tinggi, ketidakmerataan penyebaran penduduk, urbanisasi, tidak terkontrolnya populasi serta banyaknya pengangguran (Ridwan et al., 2021).

Kepadatan penduduk yang semakin tinggi mendorong terjadinya kerusakan ekosistem yang semakin parah, sesuai dengan fenomena bahwa kepadatan di Kalimantan Selatan pada tahun 2021 mencapai angka $106,4 \text{ jiwa}/\text{km}^2$. Didukung dengan persebaran penduduk yang tidak merata di Kalimantan Selatan, dimana wilayah Kota Banjarmasin sebagai ibu kota yang wilayahnya tergolong sempit dibandingkan dengan yang lain namun menjadi wilayah terpadat penduduknya (Michiani and Asano, 2019). Kondisi tersebut mengakibatkan permintaan lahan permukiman yang tinggi. Banyak peristiwa pengalihan fungsi lahan hutan untuk pembukaan daerah permukiman (Puspitarini, 2021) sehingga luas wilayah hutan

sebagai resapan air mengalami degradasi. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kepadatan penduduk yang semakin tinggi menjadi faktor pemicu intensitas banjir.

2.3. Curah Hujan

Curah hujan termasuk salah satu indikator meteorologi yang secara langsung dapat berdampak pada masyarakat maupun lingkungan (Liu et al., 2022). Curah hujan merupakan besaran air hujan yang mengguyur suatu daerah pada periode tertentu (Idati et al., 2020) dimana curah hujan menjadi salah satu aspek yang menyebabkan terjadinya banjir. Dalam pengukuran curah hujan menggunakan satuan tinggi diatas permukaan tanah horizontal yang dianggap tidak mengalami evaporasi, *run off* maupun infiltrasi. Curah hujan yang tinggi menyebabkan intensitas hujan yang tinggi pula sehingga akan terjadi hujan berkepanjangan yang memicu bertambahnya volume air. Hal tersebut mengakibatkan banjir dikarenakan meluapnya air sungai.

Curah hujan tinggi disebabkan oleh pemanasan global yang meningkatkan konsentrasi uap air di atmosfer (Fofana et al., 2022). Di Kalimantan Selatan pada puncak bulan hujan yaitu Desember, Januari dan Februari memiliki curah hujan yang tergolong tinggi berkisar pada 401 - 500 mm. Ketika musim kering pada bulan Juni, Juli dan Agustus curah hujan di Kalimantan Selatan tergolong rendah berkisar pada 0 - 100 mm. Sedangkan, 6 bulan lainnya yang termasuk kedalam musim peralihan memiliki curah hujan yang tergolong sedang berkisar pada 100 - 300 mm.

2.4. Lahan Permukiman

Bersumber pada Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2016, bahwa definisi lahan permukiman merupakan segmen dari lingkungan hidup yang tidak

termasuk kedalam kawasan lindung yang berguna sebagai tempat hunian maupun tempat berkegiatan (Chairunisah and Cahyana, 2019). Sedangkan, permukiman sendiri merupakan lingkungan tinggal yang didalamnya mempunyai utilitas, sarana, prasarana maupun fasilitas (Sari et al., 2021). Dimana kawasan permukiman meliputi kawasan permukiman pedesaan maupun kawasan permukiman perkotaan. Dimana kawasan permukiman perkotaan merupakan tempat tinggal utama bagi manusia yang diestimasi pada tahun 2030 menampung 60 persen orang secara global (Xu et al., 2021).

Dalam memilih lahan untuk dijadikan permukiman harus memenuhi beberapa kriteria (Costa et al., 2019) yaitu terpenuhinya sumber air baik yang bersumber dari air tanah maupun yang telah diolah oleh PDAM. Selain itu, kondisi kelerengan lahan berkisar pada 0 hingga 25% serta tidak menempati daerah rawan bencana. Selanjutnya perlu memiliki drainase yang baik, tidak terletak dikawasan lindung maupun terletak pada wilayah pertanian. Disamping itu, dalam menentukan wilayah permukiman tidak diperkenankan berada pada wilayah pantai, waduk, sungai, daerah aman penerbangan dan rel kereta api.

Namun kondisi wilayah permukiman di Kalimantan Selatan sebagian besar berada di hilir sungai. Penduduk di Kalimantan Selatan membangun rumah menghadap sungai dengan alasan untuk mempermudah mendapatkan air serta mayoritas aktivitasnya berlangsung disungai. Tidak menutup kemungkinan akan berdampak pada daerah aliran sungai sebagai penampung air hujan berkurang yang menyebabkan banjir (Tom et al., 2022).

2.5. Lahan Hutan

Hutan merupakan bentangan lahan yang sebagian besar ditanami oleh pepohonan dan tumbuhan dalam suatu kesatuan yang dapat mewujudkan iklim mikro (Fauzi et al., 2019). Sedangkan, berdasarkan pada Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 bahwa hutan merupakan salah satu kesatuan ekosistem yang lahannya didominasi oleh sumber daya alam hayati seperti pepohonan (Aryana, 2021). Terdapat beberapa jenis hutan beserta fungsinya yaitu hutan lindung yang berfungsi untuk melindungi suatu daerah sekitarnya dalam mengelola air, mitigasi erosi dan banjir serta melindungi kesuburan tanah. Sedangkan, hutan suaka alam yang berfungsi sebagai area pengawetan keanekaragaman satwa serta tumbuhan dan hutan wisata berfungsi untuk pariwisata maupun rekreasi. Selain itu, hutan produksi berfungsi sebagai kawasan hutan yang hasil dalam bentuk kayu ataupun non-kayu dapat digunakan untuk kebutuhan hidup (Putra et al., 2022).

Luas hutan di Kalimantan Selatan mengalami penurunan, salah satunya kawasan hutan Kabupaten Banjar. Sesuai dengan data pada tahun 2007 sampai 2017 kawasan hutan berkurang sebesar 32.209,24 hektar (Ramdhoni et al., 2019). Selain itu, menurut laporan bahwa luas hutan primer di wilayah Barito berkurang sebesar 13.000 hektar dan luas hutan sekunder berkurang sebesar 116.000 hektar (LAPAN, 2021). Kawasan hutan yang ditutup menjadi kawasan non hutan dijadikan sebagai ekspansi permukiman, perkebunan, pertanian maupun lahan terbuka.

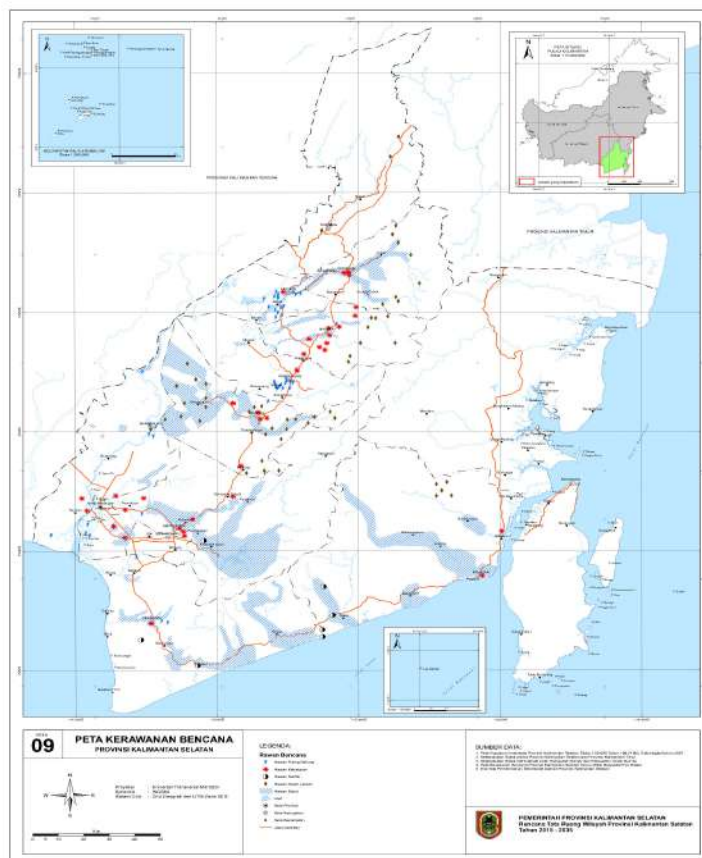
Peranan hutan merupakan hal yang begitu vital dikarenakan sebagai pelindung dan keseimbangan ekosistem. Namun, seiring dengan bertambahnya populasi penduduk menyebabkan lahan hutan berkurang dikarenakan kegiatan manusia yang merusak hutan (Putraditama et al., 2019). Deforestasi menyebabkan

terganggunya kestabilan ekosistem serta rusaknya lingkungan sehingga memicu terjadinya banjir.

2.6. Pemetaan Wilayah

Terjadinya bencana tidak dapat diprediksi dan tidak dapat dicegah dikarenakan bencana terjadi kapan saja. Namun, bencana yang terjadi dapat diminimalisir kerugiannya baik dari kerugian jiwa maupun materi. Salah satu upaya dalam meminimalisir kerugian bencana yang terjadi dengan melakukan pemetaan wilayah rawan bencana. Dengan melakukan pemetaan wilayah bencana akan memberikan informasi kepada masyarakat secara akurat terkait lokasi atau titik rawan bencana serta memudahkan dalam pengambilan keputusan dalam mitigasi bencana yang dilakukan oleh instansi terkait (Usman and Pratiwi, 2021).

Dalam menentukan lokasi yang rawan bencana harus melalui rangkaian tahapan yaitu mengidentifikasi sumber bencana, mengelompokkan wilayah-wilayah yang rawan terjadi bencana berdasarkan jenis bencana, frekuensi ancaman serta dampaknya. Dengan menentukan lokasi mana saja yang rawan terjadi bencana akan menciptakan peta wilayah rawan bencana yang didalamnya terkandung informasi yang akurat seperti jenis-jenis bencana yang terjadi di suatu wilayah, berikut pemetaan wilayah bencana yang direpresentasikan melalui peta.



Gambar 2.2 Peta Rawan Bencana
Sumber: (SIMTARU, 2018a)

Berdasarkan Gambar 2.2, menampilkan peta wilayah rawan bencana di Kalimantan Selatan. Peta diatas menampilkan lokasi mana saja yang rawan terkena banjir dan jenis bencana apa saja yang terjadi, Misalnya simbol garis-garis biru menggambarkan lokasi tersebut rawan banjir serta simbol berwarna merah menandakan bahwa wilayah tersebut rawan terjadi kebakaran. Peta wilayah rawan bencana tersebut dapat diperoleh dari hasil analisis dan pengujian menggunakan metode statistika spasial. Dimana metode statistika spasial secara teori akan dijelaskan pada subbab selanjutnya.

2.7. Regresi Linear

Regresi linear menjadi salah satu metode yang sering dipakai untuk memahami keterkaitan dari variabel independen dan variabel dependen (Lee et al., 2019). Selain itu, algoritma regresi linear ini bertujuan untuk memprediksi nilai dari variabel independen (Sukirman, 2022). Dimana model umum dari regresi linear dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

dimana nilai $i = 1, 2, \dots, n$ dengan x_1, x_2, \dots, x_p yaitu variabel independen sebanyak p variabel, y merupakan variabel dependen serta n banyaknya data. Pada model regresi linear di persamaan 2.1 bisa dituliskan kedalam notasi matriks sebagai berikut:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.2)$$

dimana \mathbf{X} merupakan matriks saklar yang memiliki dimensi $n \times (p+1)$, \mathbf{y} merupakan vektor respon $n \times 1$. Sedangkan, $\boldsymbol{\varepsilon}$ merupakan vektor galat yang memiliki dimensi $n \times 1$ serta vektor parameter yang berdimensi $(p+1) \times 1$ dinotasikan dengan $\boldsymbol{\beta}$. Sehingga dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2p} \\ \vdots & & & & \vdots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{np} \end{pmatrix}, \boldsymbol{\beta} = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{pmatrix}, \mathbf{y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}, \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}$$

Menurut Rencher and Schaalje (2001) dari persamaan 2.2 memiliki beberapa asumsi yang harus terpenuhi antara lain (Sitopu et al., 2021):

1. $E(y) = X\beta$ atau $E(\varepsilon) = 0$
2. $\text{cov}(y) = \sigma^2 I$ atau $\text{cov}(\varepsilon) = \sigma^2 I$
3. $\text{var}(\varepsilon_i) = \sigma^2$ serta $\text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$

Keterangan:

σ^2 : varians

ε_i : error ke-i

I: matriks identitas

2.7.1. Estimasi Parameter Regresi Linear

Persamaan regresi linear memiliki estimasi parameter dalam model. Model regresi linear yang ditunjukkan pada persamaan 2.2 memakai metode *Ordinary Least Square* (OLS) guna menaksir parameter pada model. Dimana metode OLS merupakan suatu metode dengan meminimalisir total dari kuadrat error pada model regresi (Muryanto et al., 2022) yang dituliskan seperti dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 Q &= \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \varepsilon^T \varepsilon = (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta)^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta) \\
 &= \mathbf{y}^T \mathbf{y} - 2\beta^T \mathbf{X}^t \mathbf{y} + \beta^T \mathbf{X}^T \mathbf{X} \beta
 \end{aligned}$$

Ketika persamaan diatas didiferensialkan terhadap β dan nilainya sama dengan nol akan diperoleh:

$$\begin{aligned}\frac{\partial Q}{\partial \beta} &= \frac{\partial(\mathbf{y}^T \mathbf{y} - 2\beta^T \mathbf{X}^T \mathbf{y} + \beta^T \mathbf{X}^T \mathbf{X} \beta)}{\partial \beta} = 0 \\ -2\mathbf{X}^T \mathbf{y} + 2\mathbf{X}^T \mathbf{X} \beta &= 0 \\ \mathbf{X}^T \mathbf{X} \beta &= \mathbf{X}^T \mathbf{y} \\ \hat{\beta} &= (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}\end{aligned}$$

Maka diperoleh estimasi parameter dari persamaan 2.2 yaitu

$$\hat{\beta} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y} \quad (2.3)$$

Pada persamaan 2.3 dapat dikatakan sebagai model regresi global dikarenakan parameter-parameter dalam model tersebut berlaku untuk seluruh area penelitian (Shen and Tao, 2022). Bisa diasumsikan juga bahwa keterkaitan variabel independen dengan variabel dependen yaitu tetap untuk seluruh area dimana data diamati.

2.7.2. Pengujian Parameter Regresi Linear

Sesudah melakukan estimasi parameter pada model regresi, kemudian dilakukan uji parameter pada model regresi. Uji parameter dilakukan untuk melihat adanya keterkaitan variabel terikat dengan variabel bebas. Dalam melakukan pengujian terhadap parameter baik dilakukan secara parsial maupun keseluruhan atau serentak.

1. Pengujian Secara Keseluruhan

Hipotesis yang berlaku pada pengujian parameter keseluruhan sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0; k = 1, 2, \dots, p$$

H_1 : paling sedikit terdapat satu k dimana $\beta_k \neq 0$

Selain itu, pengujian parameter secara keseluruhan dapat melalui analisis varians yang tertera sesuai dengan Tabel 2.1.

Tabel 2.1 ANOVA

Sumber Keragaman	Total Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F_{hitung}
Regresi	JK_{reg}	p	$KT_{reg} = \frac{JK_{reg}}{p}$	$F = \frac{KT_{reg}}{KTR}$
Residual	JKR	$n - (p + 1)$	$KTR = \frac{JKR}{n - (p + 1)}$	
Total	JKT	$n - 1$		

Keterangan:

JKR: Jumlah Kuadrat Residual

JKT: Jumlah Kuadrat Total

JK_{reg} : Jumlah Kuadrat Regresi

Dalam tabel diatas dijelaskan secara statistik sebagai berikut:

$$JK_{reg} = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$$

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

$$JKT = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Maka diperoleh statistik uji secara serentak yang dituliskan dalam persamaan dibawah ini.

$$F = \frac{KT_{reg}}{KTR} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{p}}{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p-1}} \quad (2.4)$$

Dimana dalam penarikan kesimpulan tolak H_0 ketika nilai $p - value < \alpha$

atau ketika nilai $F_{hitung} > F_{\alpha;p,n-p-1}$.

2. Pengujian Secara Parsial

Setelah dilakukan pengujian secara serentak maka selanjutnya dilakukan pengujian secara parsial. Pengujian secara parsial bertujuan untuk mengetahui variabel dependen apa saja yang berpengaruh signifikan terhadap variabel independen. Dalam pengujian parsial ini menggunakan statistik uji-t yang memiliki hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, p$$

Dimana statistik uji-t dituliskan seperti berikut.

$$t = \frac{\hat{\beta}_k}{SE(\hat{\beta}_k)} \quad (2.5)$$

Untuk penarikan kesimpulan tolak H_0 ketika nilai $|t_{hit}| > t_{\frac{\alpha}{2};n-p-1}$ atau ketika nilai signifikansi $< \alpha$.

2.7.3. Analisis Uji Asumsi Klasik

Dalam pemodelan menggunakan metode regresi terdapat asumsi residual yang perlu diuji. Terdapat beberapa uji pada asumsi residual antara lain:

1. Uji Multikolinieritas

Dalam menganalisis model regresi, asumsi yang harus terpenuhi yaitu tidak terdapat multikolinieritas (Josephus et al., 2021). Jika terdapat multikolinieritas akan menjadikan kekacauan antara variabel independen dengan variabel dependen. Kekacauan tersebut mengakibatkan penduga mempunyai ragam yang besar serta bersifat bias. Dalam pengujian

multikolinieritas dapat menggunakan VIF (*Variance Inflation Factor*) yang dituliskan dalam persamaan 2.6 berikut

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

Dimana R^2 yaitu koefisien determinasi regresi antar variabel dependen. Nilai R^2 dapat diperoleh dari persamaan 2.7 berikut.

$$R_x^2 = \frac{\sum \hat{e}_i^2}{\sum y_i^2} \quad (2.7)$$

Bahwa \hat{e}_i yaitu nilai residual ke-i dan y_i adalah nilai pengamatan ke-i. Ketika hasil dari perhitungan VIF menghasilkan nilai lebih dari 10 maka terdapat multikolinieritas sehingga harus diperlukan penanganan terlebih dahulu. Sebaliknya, jika tidak ditemukan multikolinieritas maka pemodelan regresi dapat dilanjutkan.

2. Uji Normalitas

Pengujian normalitas mempunyai sasaran guna melihat model regresi serta nilai residualnya berdistribusi normal. Dimana model regresi dikatakan baik, jika residual hampir bernilai normal atau normal (Ningsih and Dukalang, 2019). Dalam pengujian normalitas dapat menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* yang memiliki hipotesis dibawah ini:

$$H_0 : F_0(e) = F(e) \text{ (berdistribusi normal)}$$

$$H_1 : F_0(e) \neq F(e) \text{ (tidak berdistribusi normal)}$$

Dengan statistik uji seperti dibawah ini:

$$D = maks|F_0(e) - S(e)| \quad (2.8)$$

Dimana $F_0(e)$ yaitu fungsi distribusi kumulatif teoritis residual serta $F(e)$ merupakan fungsi distribusi kumulatif normal residual. Sedangkan, $S(e)$ merupakan fungsi peluang kumulatif pengamatan (i) yang dibagi dengan banyaknya pengamatan (n) atau bisa dituliskan seperti $S(e) = \frac{i}{n}$. Sehingga dalam pengambilan keputusan tolak H_0 ketika $|D| > q_\alpha$, dimana nilai q didasarkan pada tabel *Kolmogorov-Smirnov*. Selain itu, dalam mengambil keputusan dapat pula dilihat dari nilai $p - value > \alpha$ maka berdistribusi normal.

3. Uji Heterokedastisitas

Pada pengujian heterokedastisitas bisa memakai uji *Glejser* yang memiliki sasaran guna melihat model regresi memiliki kesamaan varians residual (homokedastisitas) atau sebaliknya terdapat ketidaksamaan varians residual (heterokedastisitas) (Mardiatmoko, 2020). Dimana hipotesis dalam asumsi residual identik yaitu:

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

$$H_1 : \text{paling sedikit terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2 \text{ dengan nilai } i = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji *Glejser* bisa dituliskan sebagai berikut:

$$F_R = \frac{[\sum_{i=1}^n (|\hat{e}_i| - |\bar{e}|)^2]/(p)}{[\sum_{i=1}^n (|e_i| - |\hat{e}_i|)^2]/(n - p - 1)} \quad (2.9)$$

Dimana \hat{e}_i merupakan error ke- i dari regresi *Ordinary Least Square*. Disamping itu, untuk penarikan kesimpulan tolak H_0 ketika nilai $F_R > F_{\alpha;p,n-p-1}$.

4. Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi bertujuan untuk mendeteksi apakah ada keterkaitan antar

residual (Wisudaningsi et al., 2019). Dalam menguji autokorelasi dapat menggunakan uji *Durbin-Waston*, dimana memiliki hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \rho = 0$ (residual bersifat saling bebas)

$H_1 : \rho \neq 0$ (residual bersifat tidak saling bebas)

Dengan statistik uji yang dituliskan dalam persamaan 2.9 berikut.

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=2}^n e_i^2} \quad (2.10)$$

Nilai e merupakan residual dari regresi. Menurut Gujarati (1991) dalam pengambilan keputusan ada atau tidaknya autokorelasi sesuai dengan beberapa kriteria berikut (Adrianto et al., 2023):

- (a) Jika $0 < d < d_L$ maka ditemukan autokorelasi positif
- (b) Jika $d > 4 - d_L$ maka ditemukan autokorelasi negatif
- (c) Jika $d_U < d < 4 - d_U$ maka tidak ditemukan autokorelasi
- (d) Jika $d_L < d < d_U$ tidak bisa diambil keputusan
- (e) Jika $4 - d_U < d < 4 - d_L$ tidak bisa diambil keputusan

Ketika perhitungan *Durbin-Waston* menghasilkan kesimpulan tidak bisa diambil keputusan maka perlu dilakukan uji lanjutan yaitu menggunakan *Run Test* (Ghozali, 2018). Dengan menggunakan *Run test* dapat menunjukkan bahwa residual model regresi mengandung autokorelasi atau tidak. Pada pengujian *Run test* beracuan pada hipotesis berikut:

H_0 : Kejadian yang diamati bersifat acak

H_1 : Kejadian yang diamati tidak bersifat acak

Statistik uji yang digunakan dalam *Run test* yaitu:

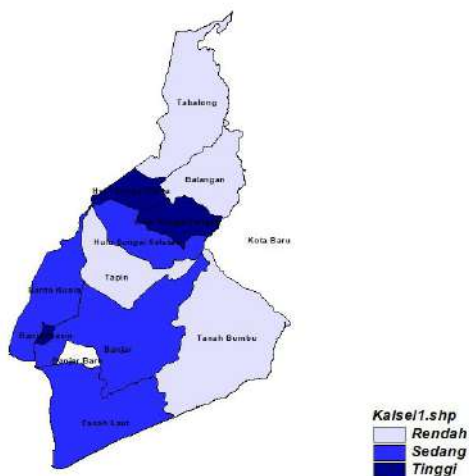
$$Z = \frac{r - \mu_r}{\sigma_r} \quad (2.11)$$

Nilai $\mu_r = \frac{2mn}{N} + 1$ dan $\sigma_r = \sqrt{\frac{2mn(2mn - m - m)}{(N)^2(N - 1)}}$. Bahwa m merupakan total suatu kejadian yang muncul, nilai n merupakan total suatu kejadian lain yang muncul, r merupakan nilai korelasi serta N yaitu jumlah pengamatan. Penarikan kesimpulan hipotesis tolak H_0 ketika nilai $Z > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ atau $Z < -Z_{\frac{\alpha}{2}}$, juga bisa dilihat dari nilai $p - value > \alpha$.

2.8. Data Spasial

Data spasial yaitu suatu kumpulan data yang menggambarkan bagian-bagian keruangan dari peristiwa yang dieksplorasi (Atluri et al., 2018). Data spasial ini berdasarkan pada geografi seperti wilayah maupun lintang dan bujur atau biasa direpresentasikan kedalam sistem koordinat. Dimana dalam menganalisis data spasial tidak dapat dilaksanakan secara menyeluruh dikarenakan setiap wilayah mempunyai ciri khas tersendiri. Data spasial juga biasa disebut dengan geodata, data geografis maupun data geospasial.

Pendekatan analisis dalam mengeksplorasi data spasial disuguhkan dengan peta tematik. Peta tematik merupakan peta statistik yang mempunyai sasaran khusus untuk merepresentasikan ruangan tertentu sesuai dengan tema yang ditentukan (Slocum et al., 2023). Peta tematik lebih memberikan penekanan variasi dalam penggunaan ruangan atau lebih dari distribusi geografis. Berikut contoh dari data spasial yang digambarkan pada peta tematik.



Gambar 2.3 Kepadatan Penduduk Kalimantan Selatan

Berdasarkan Gambar 2.3, peta tematik diatas menjelaskan terkait pengelompokkan kepadatan penduduk di Kalimantan Selatan. Dimana dalam peta tersebut kepadatan penduduk digolongkan kedalam tiga kelompok yaitu rendah, sedang maupun tinggi. Dalam menganalisis data spasial memiliki dua konsep yaitu *spatial dependence* dan *spatial heterogeneity*.

2.8.1. *Spatial Dependence*

Spatial dependence merupakan problem yang berasal dari perbedaan lokasi. *Spatial dependence* mengacu pada derajat autokorelasi spasial antara pengukuran dan pengamatan yang independen dalam ruang geografis (Franch-pardo et al., 2022). Sesuai dengan hukum pertama yang ditegaskan oleh Tobler mengenai geografi bahwa "*Everything is related to everything else, but near thing are more related than distant things*" (Franch-pardo et al., 2022). Semua yang lebih dekat mempunyai kemiripan lebih daripada sesuatu yang jauh. Menurut

Anselin and Bera (1998) dalam rangka mengetahui bagaimana lokasi pengamatan saling berpengaruh, terutama yang berdekatan satu sama lain maka dilakukanlah pengujian ketergantungan spasial (You and Lv, 2018). Hal ini bertujuan untuk menguji apakah terdapat hubungan antara data pada suatu lokasi dengan data pada lokasi lainnya dalam jarak tertentu. Adapun metode yang dipakai untuk uji ketergantungan spasial yaitu *Moran's I* dengan hipotesis dibawah ini.

$H_0 : I = 0$ (tidak terdeteksi autokorelasi spasial)

$H_1 : I \neq 0$ (terdeteksi autokorelasi spasial)

Secara matematis pengujian *Moran's I* dapat dituliskan seperti dibawah ini :

$$Z(I) = \left(I - \frac{E(I)}{\sqrt{var(I)}} \right) \quad (2.12)$$

dengan

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.13)$$

Nilai ekspektasi dan varian *indeks Moran's* dapat dihitung melalui rumus pada persamaan 2.14 dan 2.15.

$$E(I) = I_0 = \frac{1}{n-1} \quad (2.14)$$

$$Var(I) = \frac{n^2 S_1 - n S_2 + 3 S_0^2}{(n^2 - 1) S_0^2} - [E(I)]^2 \quad (2.15)$$

Keterangan:

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}$$

$$S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i \neq j} (W_{ij} + W_{ji})^2$$

$$S_2 = \sum_{i \neq j} (W_{i0} + w_{0i})^2; W_{i0} = \sum_{i=1}^n W_{ij}; w_{0i} = \sum_{j=1}^n W_{ji}$$

$x_i =$ data ke- i

$x_j =$ data ke- j

$\bar{x} =$ rata-rata data

Nilai hasil dari *Moran's I* berkisar pada rentang -1 sampai 1, ketika nilai *Moran's I* sebesar 1 maka terdapat autokorelasi spasial positif begitu sebaliknya. Untuk penarikan kesimpulan tolak H_0 saat nilai $Z(I) > Z(\alpha)$ atau nilai $Z(I) < -Z(\alpha)$ sehingga teridentifikasi autokorelasi spasial.

2.8.2. Spatial Heterogeneity

Spatial heterogen atau heterogenitas spasial merupakan adanya perbedaan kondisi antar lokasi di suatu wilayah yang dapat dilihat dari situasi sosial budaya, situasi geografis maupun yang lain (Ulfe Safitri and Amaliana, 2021). Pendeteksian heterogenitas spasial memakai *Breusch-Pagan* yang beracuan dengan hipotesis berikut

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_p^2 = \sigma^2$ (Tidak ditemukan heterogenitas spasial)

$H_1 :$ Paling sedikit terdapat satu $\sigma_i^2 \neq \sigma^2$ (Ditemukan heterogenitas spasial)

Dimana statistik uji *Breusch-Pagan* dapat dituliskan pada persamaan 2.16 berikut.

$$BP = \frac{1}{2} [f^T Z (Z^T Z)^{-1} Z^T f] \sim \chi_p^2 \quad (2.16)$$

Dengan komponen vektor f yaitu:

$$f_i = \left(\frac{\varepsilon_i^2}{\sigma^2} - 1 \right) \quad (2.17)$$

dimana

$Z =$ Matriks $n \times (k + 1)$ yang mengandung vektor konstan

ε_i = Galat pada observasi ke- i

σ^2 = Nilai varians pada model yang diuji

p = banyaknya variabel

Dengan pengambilan keputusan H_0 ditolak saat nilai $BP > \chi_{\alpha,p}^2$ atau saat nilai $p\text{-value} < \alpha$.

2.9. Geographically Weighted Regression

Geographically Weighted Regression (GWR) yaitu metode peningkatan dari regresi linear sederhana yang setiap parameternya digunakan sebagai perhitungan disetiap wilayah observasi sehingga setiap titik wilayah memiliki nilai parameter yang tidak sama. *Geographically Wieghted Regression* yaitu metode yang dipakai guna mengeksplorasi heterogenitas spasial yang diartikan menjadi suatu ciri serta hubungan dari beberapa variabel yang signifikan (Senyel Kurkcuglu, 2023). Penaksir parameter yang dihasilkan oleh model GWR memiliki sifat lokal pada setiap titik dimana data tersebut dihimpun. Secara statistik model *Geographically Weighted Regression* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i; i = 1, 2, \dots, n \quad (2.18)$$

dimana,

y_i : nilai pengamatan variabel terikat ke- i

x_{ik} : nilai pengamatan variabel bebas k pada pengamatan ke- i

β : vektor parameter

(u_i, v_i) : titik koordinat wilayah i

ε_i : error ke- i

2.9.1. Fungsi Pembobot Model GWR

Pada model GWR, fungsi pembobot merupakan indikator penting dikarenakan nilai pembobot menggambarkan lokasi data pengamatan (Kusnandar et al., 2021). Dihipotesiskan bahwa observasi yang berdekatan akan berpengaruh lebih besar dibandingkan dengan observasi yang berjauhan (Lewandowska, 2018). Dalam menentukan bobot pada model GWR disetiap wilayah bisa memakai metode fungsi kernel. Terdapat dua jenis fungsi kernel yaitu *fixed kernel* (fungsi kernel tetap) dan *adaptive kernel* (fungsi kernel adaptif). Dimana fungsi kernel ini mempunyai kegunaan sebagai memperkirakan parameter dalam model GWR.

1. Fungsi *Fixed Kernel*

Fungsi *fixed kernel* mempunyai *bandwidth* yang serupa pada masing-masing lokasi observasi. Terdapat tiga macam *fixed kernel* antara lain:

(a) Fungsi Kernel *Gaussian*

$$w_j(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right) \quad (2.19)$$

(b) Fungsi Kernel *Bisquare*

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(\left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)\right)^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0 & \text{untuk } d_{ij} > h \end{cases} \quad (2.20)$$

(c) Fungsi Kernel *Tricube*

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(\left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^3\right)\right)^3, & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0 & \text{untuk } d_{ij} > h \end{cases} \quad (2.21)$$

2. Fungsi Adaptive Kernel

Fungsi *Adaptive Kernel* memiliki *bandwidth* yang berbeda pada setiap titik wilayah observasi (Wang et al., 2022). Terdapat tiga macam fungsi *Adaptive Kernel* antara lain:

(a) Fungsi Kernel Adaptif Gaussian

$$w_j(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h_{i(p)}}\right)^2\right) \quad (2.22)$$

(b) Fungsi Kernel Adaptif Bisquare

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(\left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_{i(p)}}\right)^2\right)\right)^2, & d_{ij} \leq h \\ 0, & d_{ij} > h_{i(p)} \end{cases} \quad (2.23)$$

(c) Fungsi Kernel Adaptif Tricube

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(\left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_{i(p)}}\right)^3\right)\right)^3, & d_{ij} \leq h \\ 0, & d_{ij} > h_{i(p)} \end{cases} \quad (2.24)$$

dengan

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (2.25)$$

keterangan :

d_{ij} : jarak lokasi (u_i, v_i) dengan lokasi (u_j, v_j)

h : parameter *bandwidth* ke- i

2.9.2. Penentuan *Bandwidth*

Bandwidth merupakan lingkaran dengan radius b berasal dari titik sentral lokasi observasi. *Bandwidth* berfungsi untuk memberikan batasan seberapa jauh pengaruh dari satu titik lokasi dengan lokasi lainnya (Hida et al., 2020). Pemilihan nilai *bandwidth* akan berpengaruh terhadap ketepatan model. Jika *bandwidth* memiliki nilai sangat kecil menyebabkan perhitungan parameter pada lokasi observasi ke- i semakin terikat dengan lokasi observasi lain yang mempunyai jarak terdekat, sehingga akan menghasilkan varian yang besar. Sedangkan, jika *bandwidth* memiliki nilai sangat besar menyebabkan bias (selisih antara nilai harapan dari penduga dengan parameter yang diduga) yang besar pula, mengakibatkan model yang didapatkan sangat halus (Darsyah, 2021).

Dalam menentukan *bandwidth* maksimum dapat menggunakan pendekatan *Cross Validation*. Secara matematis *Cross Validation*(CV) dapat dituliskan seperti berikut (Tyas et al., 2023):

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq 1}(h))^2 \quad (2.26)$$

dimana $\hat{y}_{\neq 1}(h)$ merupakan nilai prediksi y_i pada observasi wilayah (u_i, v_i) yang ditiadakan dari prosedur pendugaan, sedangkan h merupakan *bandwidth*. Ketika nilai *bandwidth* maksimum maka nilai CV yang diperoleh yaitu minimum.

2.9.3. Pengujian Parameter Model GWR

1. Pengujian Kesesuaian Model GWR

Dalam menguji kesesuaian model GWR berdasarkan dengan hipotesis berikut.

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k$ dengan nilai $k = 0, 1, 2, \dots, p$ serta $i = 1, 2, \dots, n$

$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$

Perhitungan ini didasarkan pada selisih Jumlah Kuadrat Residual (JKR) dari model regresi dan model GWR, sehingga statistik uji nilai JKR pada masing-masing hipotesis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} JKR(H_0) &= \hat{\epsilon}^T \hat{\epsilon} \\ &= \mathbf{Y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_0)^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_0) \mathbf{Y} \\ JKR(H_1) &= \hat{\epsilon}^T \hat{\epsilon} \\ &= (\mathbf{Y} - \hat{\mathbf{Y}})^T (\mathbf{Y} - \hat{\mathbf{Y}}) \\ &= \mathbf{Y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_1)^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_1) \mathbf{Y} \end{aligned}$$

Dimana $S_0 = \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T$ yang merupakan *hat matrix* dari model regresi. Dari kedua hipotesis diatas, jika dijadikan satu akan menjadi seperti berikut.

$$\begin{aligned} \hat{\epsilon}^T \hat{\epsilon} &= \mathbf{Y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_z)^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_z) \mathbf{Y} \\ &= \mathbf{Y}^T \mathbf{R}_z \mathbf{Y} \end{aligned}$$

Nilai z adalah indeks *hat matriks* (matriks proyeksi) pada model. Untuk model regresi global nilai $z = 0$, model GWR nilai $z = 1$ dan model MGWR nilai $z = 2$. Maka akan diperoleh statistik uji untuk kesesuaian model GWR seperti yang dituliskan dibawah ini.

$$F_G = \left[\frac{(\mathbf{Y}^T \mathbf{R}_0 \mathbf{Y} - \mathbf{Y}^T \mathbf{R}_1 \mathbf{Y})}{df_1} \right] \left[\frac{\mathbf{Y}^T \mathbf{R}_0 \mathbf{Y}}{df_2} \right]^{-1} \quad (2.27)$$

Dengan keterangan $df_1 = tr(R_0 - R_1)$ serta $df_2 = n - p - 1$. Untuk pengambilan keputusan tolak H_0 ketika nilai $F_G > F_{(\alpha, df_1, df_2)}$.

2. Pengujian Parsial Parameter GWR

Dilakukannya pengujian ini berguna untuk melihat parameter mana saja yang secara nyata berpengaruh signifikan terhadap variabel bebas. Dalam pengujian ini berdasarkan dengan hipotesis berikut.

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0$ dengan nilai $k = 0, 1, 2, \dots, p$ serta nilai $i = 1, 2, \dots, n$

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

Dengan menggunakan statistik uji seperti dibawah ini

$$T_G = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{g_{kk}}} \quad (2.28)$$

Dengan g_{kk} merupakan elemen diagonal ke- k pada matriks GG^T , dimana matriks G diperoleh dari $G = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i)$. Notasi matriks dapat dituliskan seperti berikut.

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{np} \end{pmatrix}, \mathbf{W}(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i) = \begin{pmatrix} w_{i1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & w_{i2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & w_{in} \end{pmatrix}$$

Nilai $\hat{\sigma}$ diperoleh dari $\hat{\sigma} = \frac{\mathbf{Y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}) \mathbf{Y}}{tr([\mathbf{I} - \mathbf{S}]^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^i)}$ dengan $i = 1, 2$.

Sedangkan, untuk pengambilan keputusan tolak H_0 ketika

$$|T_G| > t_{(\frac{\alpha}{2}, n-p-1)}.$$

2.10. Variabilitas Spasial

Variabilitas merupakan pengujian guna mengetahui koefisien global dan koefisien lokal pada model GWR. Pengujian variabilitas spasial melihat koefisien mana yang mempunyai pengaruh lokasi serta koefisien yang tidak mempunyai pengaruh lokasi terhadap variabel dependen. Pengujian variabilitas spasial beracuan pada hipotesis berikut.

$H_0 : \beta_k(u_1, v_1) = \beta_k(u_2, v_2) = \dots = \beta_k(u_n, v_n); k = 0, 1, 2, \dots, p$ (variabel independen antara satu lokasi dengan lokasi lain tidak memiliki perbedaan signifikan)

$H_1 : \exists \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k(u_n, v_n); i = 1, 2, \dots, n$ (variabel independen antara satu lokasi dengan lokasi lain memiliki perbedaan signifikan)

Statistik uji yang digunakan sebagai berikut.

$$F_s = \frac{V_j^2 / \text{tr}(\frac{1}{k} \mathbf{B}_k^T [\mathbf{I} - \frac{1}{k} \mathbf{J}] \mathbf{B}_k)}{JKR(H_1) / \delta_1} \quad (2.29)$$

Nilai dari V_j^2 diperoleh dari persamaan berikut.

$$V_j^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{\beta}_k(u_i, v_i) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{\beta}_k(u_i, v_i))^2 = \frac{1}{n} \boldsymbol{\beta}_k^T [\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{J}] \boldsymbol{\beta}_k \quad (2.30)$$

$$JKR(H_1) = \mathbf{Y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S})^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}) \mathbf{Y} \quad (2.31)$$

Serta

$$\beta_{\mathbf{k}}(u_i, v_i) = \begin{pmatrix} \beta_0(u_i, v_i) \\ \beta_1(u_i, v_i) \\ \vdots \\ \beta_p(u_i, v_i) \end{pmatrix}, \mathbf{B}_k = \begin{pmatrix} e_1^T (X^T W(u_1, v_1) X)^{-1} X^T W(u_1, v_1) \\ e_2^T (X^T W(u_2, v_2) X)^{-1} X^T W(u_2, v_2) \\ \vdots \\ e_n^T (X^T W(u_n, v_n) X)^{-1} X^T W(u_n, v_n) \end{pmatrix} \quad (2.32)$$

Pada persamaan 2.29 bahwa \mathbf{J} merupakan matriks yang memiliki ukuran $n \times n$ dengan semua elemen bernilai 1. Disamping itu, e_k merupakan vektor kolom ukuran $(p + 1)$ memiliki nilai satu untuk elemen ke- k dan bernilai nol untuk elemen lainnya. Pengambilan keputusan tolak H_0 ketika nilai $F_s > F_{\alpha; df_1; df_2}$ dengan $df_1 = \left(\frac{v_1^2}{v_2}\right)$ dan $df_2 = \left(\frac{\delta_1^2}{\delta_2}\right)$ atau dapat ditentukan dari nilai $p - value < \alpha = 0,05$.

2.11. Mixed Geographically Weighted Regression

Model *Mixed Geographically Weighted Regression* merupakan metode hasil penggabungan dari model regresi linear dengan model regresi yang terboboti (*Geographically Weighted Regression*) (Apriyani et al., 2018). Pada model MGWR, menganggap bahwa variabel bebas tidak sepenuhnya mempengaruhi secara lokal namun ada yang mempengaruhi secara konstan (global) di semua titik observasi (Oshan et al., 2019). Pada model MGWR terdapat p variabel prediktor serta q variabel prediktor yang memiliki sifat lokal (bervariasi sesuai geografis). Model umum MGWR dapat dituliskan dalam persamaan berikut ini.

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^q \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \sum_{k=q+1}^p \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.33)$$

Dimana dalam persamaan 2.33 memuat p sebagai variabel bebas yang bersifat global (koefisien konstan) dan q sebagai variabel bebas yang bersifat lokal (bervariasi berdasarkan wilayah).

2.11.1. Pendugaan Parameter MGWR

Model *Mixed Geographically Weighted Regression* secara umum bisa dituliskan sebagai berikut:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}_p\boldsymbol{\beta}_p + \mathbf{X}_q\boldsymbol{\beta}_q(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i) + \boldsymbol{\epsilon} \quad (2.34)$$

keterangan:

\mathbf{X}_p : matriks bagi variabel global sebanyak p variabel

\mathbf{X}_q : matriks bagi variabel lokal sebanyak q variabel

$\boldsymbol{\beta}_p$: vektor dari parameter global

$\boldsymbol{\beta}_q(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i)$: vektor dari parameter lokal.

Sesuai dengan yang diusulkan oleh (Yasin et al., 2018), pendugaan parameter MGWR dalam notasi matriks dapat dituliskan seperti berikut.

$$\mathbf{Y}_{(n \times 1)} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}, \mathbf{X}_{p(n \times p)} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{X}_{q(n \times q)} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1q} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nq} \end{pmatrix}, \boldsymbol{\beta}_{p(q \times 1)} = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_q \end{pmatrix}$$

$$\boldsymbol{\beta}(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i)_{(p \times 1)} = \begin{pmatrix} \beta_{q+1}(u_i, v_i) \\ \beta_{q+2}(u_i, v_i) \\ \vdots \\ \beta_p(u_i, v_i) \end{pmatrix}, i = 1, 2, \dots, n$$

Serta

$$\mathbf{S}_q_{(qn \times 1)} = \begin{pmatrix} X_{q1}^T [W(u_1, v_1) X_q]^{-1} X_q^T W(u_1, v_1) \\ X_{q2}^T [W(u_2, v_2) X_q]^{-1} X_q^T W(u_2, v_2) \\ \vdots \\ X_{qn}^T [W(u_n, v_n) X_q]^{-1} X_q^T W(u_n, v_n) \end{pmatrix} \quad (2.35)$$

Dimana

$$W(u_i, v_i) = \text{diag}[w_1(u_i, v_i), w_2(u_i, v_i), \dots, w_n(u_i, v_i)] \quad (2.36)$$

Berdasarkan persamaan 2.36 merupakan matriks pembobot yang berdimensi $n \times n$ diagonal matriks pada lokasi (u_i, v_i) . Terdapat dua langkah estimasi dalam menduga parameter model MGWR, kedua langkah tersebut dituliskan dalam persamaan 2.37 dan 2.38 berikut:

Langkah pertama untuk mengestimasi koefisien global menggunakan metode OLS.

$$\hat{\beta}_p = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{p_q})^T = [X_p^T(I - S_q)^T(I - S_q)x_p]^{-1} X_p^T(I - S_q)^T (I - S_q)Y \quad (2.37)$$

Langkah kedua untuk mengestimasi koefisien lokal (berdasarkan lokasi) menggunakan metode WLS.

$$\hat{\beta}_q(u_i, v_i) = (\beta_q(u_i, v_i), \beta_2(u_i, v_i), \dots, \beta_{p_q}(u_i, v_i))^T = [X_q^T W(u_i, v_i) X_q]^{-1} X_q^T W(u_i, v_i) (Y - X_p \hat{\beta}_p) \quad (2.38)$$

Diperoleh nilai prediksi variabel dependen untuk n pengamatan yaitu

$$\begin{aligned} \hat{y} &= X_p \hat{\beta}_p + S_q (Y - X_p \hat{\beta}_p) \\ &= X_p \hat{\beta}_p + S_q Y - S_q X_p \hat{\beta}_p \\ &= S_q Y + (I - S_q) X_p \hat{\beta}_p \\ &= S_q Y + (I - S_q) X_p [X_p^T (I - S_q)^T (I - S_q) X_p]^{-1} X_p^T (I - S_q)^T (I - S_q) Y \\ &= [S_q + (I - S_q) X_p [X_p^T (I - S_q)^T (I - S_q) X_p]^{-1} X_p^T (I - S_q)^T (I - S_q)] Y \\ &= S_2 Y \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh *hat* matriks bagi model MGWR pada persamaan 2.39 berikut:

$$S_2 = S_q + (I - S_q) X_p [X_p^T (I - S_q)^T (I - S_q) X_p]^{-1} X_p^T (I - S_q)^T (I - S_q) \quad (2.39)$$

2.11.2. Pengujian Hipotesis Model MGWR

Terdapat beberapa pengujian hipotesis dalam menguji model *Mixed Geographically Weighted Regression* antara lain:

1. Pengujian Kesesuaian Model MGWR

Pengujian hipotesis model MGWR terdapat dua pengujian yaitu pengujian kesesuaian model MGWR dan pengujian parameter model MGWR. Tujuan dari pengujian kesesuaian model MGWR untuk melihat signifikansi faktor geografis. Dimana hipotesis yang berlaku sebagai berikut:

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

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$$

Dalam menguji kesesuaian model MGWR melalui komparasi nilai Jumlah Kuadrat Residual (JKR) antara model regresi global dengan model MGWR. Statistik uji nilai JKR pada masing-masing hipotesis sebagai berikut:

$$JKR(H_0) = \hat{\epsilon}^T \hat{\epsilon}$$

$$= Y^T (I - S_0)^T (I - S_0) Y$$

$$JKR(H_1) = \hat{\epsilon}^T \hat{\epsilon}$$

$$= (Y - \hat{Y})^T (Y - \hat{Y})$$

$$= Y^T (I - S_2)^T (I - S_2) Y$$

Ketika nilai JKR pada kedua hipotesis dijadikan satu maka akan diperoleh

sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{\varepsilon}^T \hat{\varepsilon} &= \mathbf{Y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_z)^T (\mathbf{I} - \mathbf{S}_z) \mathbf{Y} \\ &= \mathbf{Y}^T \mathbf{R}_z \mathbf{Y}\end{aligned}$$

Dimana nilai z merupakan indeks hat matriks (matriks proyeksi). Untuk model regresi global nilai $z = 0$, model GWR nilai $z = 1$ serta model MGWR nilai $z = 2$. Dengan demikian, diperoleh statistik uji untuk memeriksa kesesuaian model MGWR pada persamaan 2.40 berikut:

$$F_M = \left[\frac{(\mathbf{Y}^T \mathbf{R}_0 \mathbf{Y} - \mathbf{Y}^T \mathbf{R}_2 \mathbf{Y})}{v_1} \right] \left[\frac{\mathbf{Y}^T \mathbf{R}_2 \mathbf{Y}}{\delta_1} \right]^{-1} \quad (2.40)$$

Dimana $df_1 = \left(\frac{v_1^2}{v_2} \right)$, $df_2 = \left(\frac{\delta_1^2}{\delta_2} \right)$, dengan nilai $v_i = tr[(R_0 - R_2)^i]$ dan $\delta_i = tr[(R_2)^i]$; $i = 1, 2$

Dalam mengambil keputusan tolak H_0 ketika nilai $F_M \geq F_{\alpha, df_1, df_2}$.

2. Pengujian Parameter secara Parsial

Pengujian model MGWR secara sebagian meliputi pengujian parameter lokal maupun global. Pada parameter global $x_k (1 \leq k \leq p)$ berdasarkan pada hipotesis berikut:

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0$$

Dengan statistik uji Nisa et al. (2022):

$$T_p = \frac{\hat{\beta}_k}{\hat{\sigma} \sqrt{g_{kk}}} \quad (2.41)$$

Bahwa g_{kk} merupakan elemen diagonal ke- k pada matriks GG^T dimana

$$G = (X_p^T(I - S_q)^T(I - S_q)X_p)^{-1}X_p^T(I - S_q)^T(I - S_q)Y$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{Y(I - S)^T(I - S)Y}{tr((I - S)^T(I - S))}$$

Sehingga dalam pengambilan keputusan tolak H_0 ketika nilai $|T_p| > t_{(\frac{\alpha}{2}, df)}$ dimana $df = \left(\frac{\delta_1^2}{\delta_2^2} \right)$

Sedangkan, pada pengujian parameter lokal $x_k (1 \leq k \leq q)$ dengan hipotesis:

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

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

Menggunakan uji statistik sebagai berikut (Nisa et al., 2022):

$$T_q = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{m_{kk}}} \quad (2.42)$$

Bahwa m_{kk} merupakan diagonal ke- k pada matriks MM^T dimana

$$M = [X_q^T W(u_i, v_i) X_q]^{-1} X_q^T W(u_i, v_i) (I - X_p G)$$

Maka dalam pengambilan keputusan tolak H_0 ketika nilai $|T_q| > t_{\frac{\alpha}{2}, df}$ dengan $df = \left(\frac{\delta_1^2}{\delta_2^2} \right)$.

2.12. Penentuan Koefisien Determinasi

Dalam mengetahui seberapa mampu variabel bebas dalam model dalam menjelaskan pengaruh terhadap variabel terikat maka perlu dilakukan uji koefisien determinasi (R^2). Koefisien determinasi digunakan untuk mengukur presentase variasi total atau keragaman di sekitar nilai tengah yang dapat dijelaskan oleh

model regresi (Chicco et al., 2021). Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung nilai koefisien determinasi:

$$R^2 = \frac{\sum_i^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_i^n (y_i - \bar{y})^2} \times 100 \quad (2.43)$$

dimana y_i merupakan data dependen secara aktual, \hat{y}_i merupakan hasil penaksiran subjek ke-i serta \bar{y} adalah mean dari data dependen secara aktual.

2.13. Integrasi Keilmuan

Selayaknya manusia, alam juga merupakan ciptaan Allah yang mempunyai dimensi, ukuran serta hukum-hukumnya sendiri. Kenyamanan yang akan diberikan oleh alam bergantung pada perlakuan dan upaya manusia dalam menjaga maupun memanfaatkannya (Prayetno, 2018). Alam diciptakan untuk dilindungi dan dimanfaatkan isinya dengan sewajarnya. Tugas tersebut harus dilaksanakan oleh manusia yang diciptakan sebagai khalifah *fil 'ardh*. Sesuai dengan firman Allah dalam QS.Al-Baqarah:30.

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

Artinya: (Ingatlah) ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat, “Aku hendak menjadikan khalifah di bumi”. Mereka berkata, “Apakah Engkau hendak menjadikan orang yang merusak dan menumpahkan darah disana, sedangkan kami bertasbih memuji-Mu dan menyucikan nama-Mu?” Dia berfirman, “Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui.”

Surat Al-Baqarah ayat 30 menjelaskan bahwa umat manusia di muka bumi ini sebagai pemimpin atau khalifah. Kekhalifahan menciptakan ikatan sesama manusia maupun dengan alam. Manusia bisa memperoleh pengetahuan dari Tuhan melalui alam. Sehingga keterkaitan antara Allah sebagai Maha pencipta dengan ciptaannya yaitu manusia dan alam tidak bisa dipisahkan (Maulidah, 2018). Sesungguhnya manusia memiliki dua prinsip dasar yang berkaitan dengan alam. Dimana prinsip tersebut tertulis dalam QS.Hud:61.

﴿ وَاللّٰهُمَّ صَلِّ عَلَىٰ سُلَيْمٰنَ وَدَاوُدَ اٰخَاهُمَا صٰلِحًا ۙ قَالَ يٰقَوْمِ اعْبُدُوا اللّٰهَ مَا لَكُمْ مِّنْ اِلٰهٍ غَيْرُهُ ۗ هُوَ الَّذِيۡ اَنْشَاَكُمْ مِّنَ الْاَرْضِ وَاسْتَعْمَرَكُمْ فِيۡهَا فَاسْتَغْفِرُوْهُ ثُمَّ تَوْبُوْا اِلَيْهِ ۗ اِنَّ رَبِّيۡ قَرِيْبٌ مُّجِيْبٌ ۙ﴾

Artinya: Kepada (kaum) Samud (kami utus) saudara mereka, Saleh. Dia berkata, ”Wahai kaumku, sembahlah Allah! Sekali-kali tidak ada Tuhan bagimu selain Dia. Dia telah menciptakanmu dari bumi (tanah) dan menjadikanmu pemakmurnya. Oleh karena itu, mohonlah ampunan kepada-Nya, kemudian bertobatlah kepada-Nya. Sesungguhnya Tuhanku sangat dekat lagi Maha Memperkenankan (doa hamba-Nya).

Berdasarkan surat Hud ayat 61, bahwa prinsip pertama manusia yang berkaitan dengan alam yaitu berkewajiban untuk mengelola sumber kekayaan yang ada dimuka bumi. Pengelolaan sumber kekayaan dapat dengan konservasi alam yang dijalankan melalui konservasi tanah maupun air, cagar alam, suaka margasatwa, hutan bakau serta kebun raya. Dengan adanya konservasi alam, lingkungan akan tetap terjaga serta sumber daya dapat terus dimanfaatkan oleh makhluk hidup. Disamping itu, untuk prinsip dasar manusia yang kedua tertera sesuai dengan hadis riwayat Imam Bukhori.

Hadis dari Anas r.a dia berkata: Rasulullah SAW bersabda seseorang muslim

حَدَّثَنَا فَتْيَبَةُ بْنُ سَعِيدٍ حَدَّثَنَا أَبُو عَوَانَةَ ح وَحَدَّثَنِي عَبْدُ الرَّحْمَنِ بْنُ الْمُبَارَكِ حَدَّثَنَا أَبُو
 عَوَانَةَ عَنْ قَتَادَةَ عَنْ أَنَسِ بْنِ مَالِكٍ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ ﷺ مَا مِنْ مُسْلِمٍ
 يَغْرِسُ عَرَسًا أَوْ يَزْرَعُ زَرْعًا فَيَأْكُلُ مِنْهُ طَيْرٌ أَوْ إِنْسَانٌ أَوْ بَهِيمَةٌ إِلَّا كَانَ لَهُ بِهِ صَدَقَةٌ وَقَالَ لَنَا
 مُسْلِمٌ¹²

tidaklah menanam sebatang pohon atau menabur benih ke tanah, lalu datang burung atau manusia atau binatang memakan sebagian dari padanya, melainkan apa yang dimakan itu merupakan sedekahnya (HR. Imam Bukhori).

Dari hadis diatas dijelaskan bahwa tidak diperkenankan merusak lingkungan ketika mengelola kekayaan maka harus memperhatikan peraturan dan prosedur yang telah ditetapkan. Saat ini pengelolaan sumber daya alam menggunakan kecanggihan teknologi, sehingga dalam mengelola harus menganalisis dampak apa yang akan ditimbulkan dari teknologi tersebut. Supaya tidak terjadi pencemaran baik pencemaran udara, air maupun tanah sehingga keseimbangan ekosistem akan tetap terjaga.

Kemampuan manusia dalam menjaga lingkungan juga terbatas. Ketika terjadi suatu bencana yang disebabkan oleh manusia atau alam sendiri secara tiba-tiba itu termasuk diluar kendali manusia. Dimana bencana merupakan suatu musibah yang menimpa manusia yang tidak dapat diprediksi dan menimbulkan kerugian yang relatif serius. Kejadian tersebut sesuai dengan firman Allah dalam QS. At-Taghabun:11.

مَا أَصَابَ مِنْ مُصِيبَةٍ إِلَّا بِإِذْنِ اللَّهِ وَمَنْ يُؤْمِنْ بِاللَّهِ يَهْدِ اللَّهُ قَلْبَهُ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

Artinya: Tidak ada suatu musibah pun yang menimpa (seseorang), kecuali dengan izin Allah. Siapapun yang beriman kepada Allah, niscaya Dia akan memberi petunjuk kepada hatinya. Allah Maha Mengetahui segala sesuatu.

Surat At-Taghabun ayat 11 menjelaskan bahwa suatu bencana yang menimpa seseorang hanya atas kuasa Allah. Kita sebagai umat manusia hanya mampu meminimalisir dampak atau kerugian yang ditimbulkan oleh bencana. Upaya yang dapat dilakukan dalam meminimalisir kerugian yaitu dengan mitigasi bencana. Mitigasi bencana merupakan suatu langkah preventif dalam mengatasi bencana yang terjadi serta sebagai upaya dalam mengembalikan kondisi lingkungan setelah terdampak bencana. Salah satu bentuk dari mitigasi bencana yaitu pemetaan wilayah rawan bencana, seperti penelitian ini melakukan pemetaan wilayah rawan banjir di Kalimantan Selatan untuk mengetahui lokasi mana saja yang rawan supaya mendapatkan penanganan yang tepat ketika banjir terjadi. Selain itu, untuk memberikan informasi kepada masyarakat Kalimantan Selatan untuk siap siaga ketika ada peringatan akan terjadinya bencana banjir.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang berhubungan dengan kumpulan data berbentuk angka. Data yang diambil yaitu jumlah kasus bencana banjir, kepadatan penduduk, curah hujan, luas wilayah permukiman dan luas wilayah hutan. Dimana penelitian ini memakai metode *Mixed Geographically Weighted Regression* bertujuan untuk mengetahui pemetaan wilayah rawan banjir serta faktor pemicu terjadinya banjir di Kalimantan Selatan.

3.2. Sumber Data

Data yang dipakai pada penelitian ini yaitu total keseluruhan kejadian banjir di setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Selatan pada tahun 2021. Total Kabupaten/Kota di Kalimantan Selatan sebanyak 11 Kabupaten dan 2 Kota. Data jumlah kejadian banjir yaitu data sekunder yang didapatkan dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kalimantan Selatan (BPBD, 2022). Data kepadatan penduduk beserta luas wilayah hutan diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) (BPS Kalimantan Selatan, 2022) dan data curah hujan didapatkan dari website online BMKG (BMKG, 2021). Selain itu, data luas wilayah permukiman diperoleh dari Dinas Perumahan dan Permukiman (Disperkim). Disamping itu, variabel-variabel yang mempengaruhi terjadinya banjir dipaparkan pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Variabel-Variabel Penelitian

Simbol	Variabel	Satuan
y	Total frekuensi Bencana Banjir	Kejadian
x_1	Kepadatan Penduduk	Jiwa/ km^2
x_2	Curah Hujan	Milimeter
x_3	Luas Wilayah Permukiman	Hektar
x_4	Luas Wilayah Hutan	Hektar
u	Koordinat Lintang	Derajat
v	Koordinat Bujur	Derajat

Selain itu, untuk mengetahui data yang digunakan dalam penelitian ini akan ditampilkan sampel data dibawah ini.

Tabel 3.2 Sampel Data Penelitian

Kabupaten/Kota	y	x_1	x_2	x_3	x_4	u	v
Kabupaten Tanah Laut	37	97.58	289.42	36800.03	3631.35	115.37	-4.17
Kabupaten Banjar	53	122.56	289.42	41236.29	4668	115.59	-3.72
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Kota Banjarmasin	33	9198.89	268.41	4838.64	72	114.65	-3.38
Kabupaten Banjarbaru	21	697.45	298.42	17810.60	371	114.92	-3.56

3.3. Tahapan Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian terkait penerapan model MGWR pada kasus bencana banjir di Kalimantan Selatan memiliki beberapa tahapan antara lain:

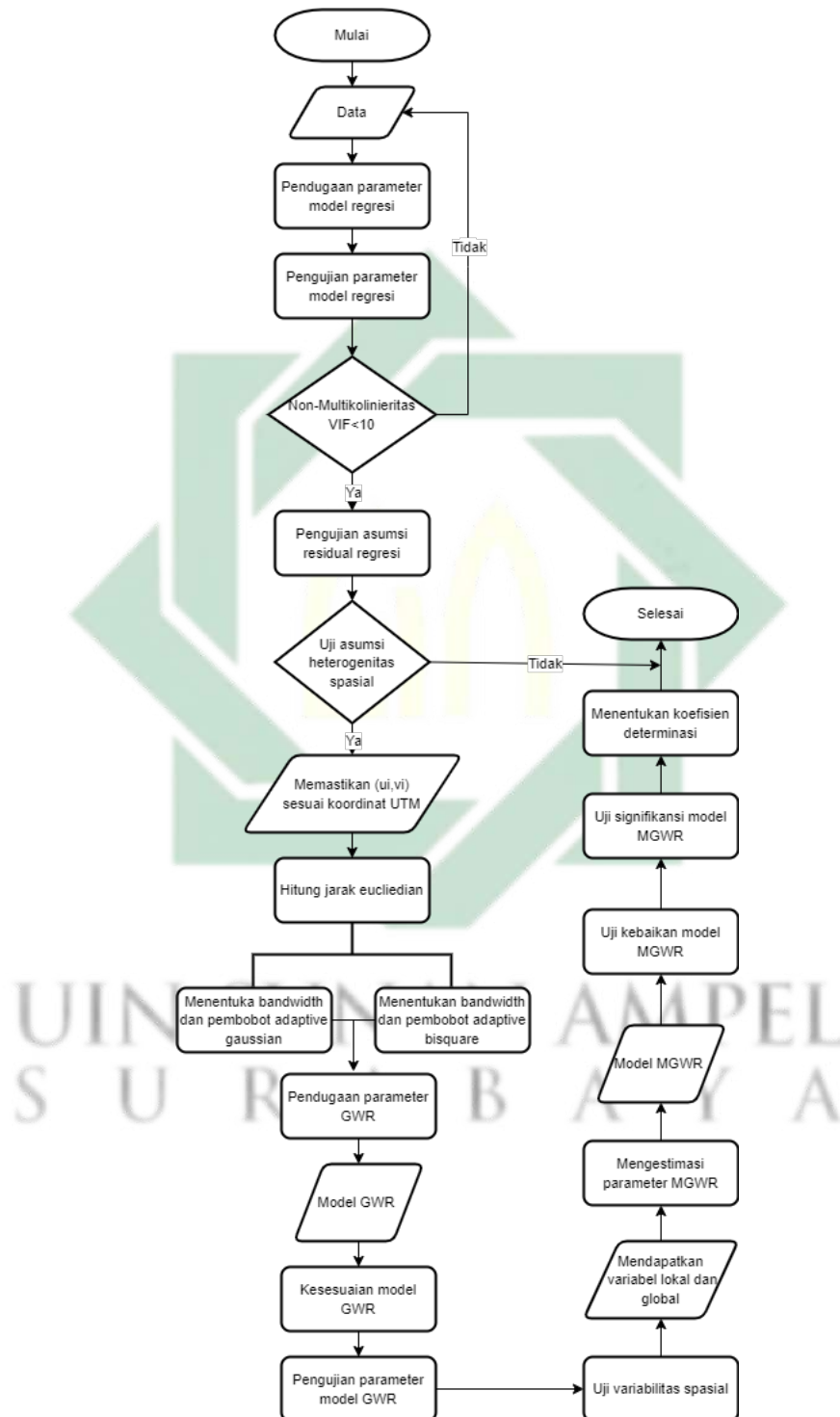
1. Mendeskripsikan kasus bencana banjir serta aspek-aspek yang berpengaruh secara deskriptif di Kalimantan Selatan serta mengidentifikasi pola keterkaitan antara variabel dependen (Y) dengan variabel independen (X) yang bertujuan mengetahui keterkaitan linear antara variabel dependen dengan variabel independen menggunakan statistik uji pada persamaan (2.1)
2. Memodelkan data jumlah bencana banjir menggunakan metode regresi linear berganda

- (a) Memeriksa asumsi non multikolinieritas antar variabel independen. Jika terdapat multikolinieritas maka perlu dilakukan eliminasi data kemudian dilakukan uji kembali.
 - (b) Menaksir parameter model regresi linear berganda memakai metode OLS dengan persamaan(2.3)
 - (c) Melakukan uji asumsi residual
3. Melakukan pengujian *Breush-Pagan* sesuai persamaan (2.16) guna mengetahui adanya efek spasial
4. Memastikan u_i dan v_i sesuai dengan koordinat UTM pada setiap Kabupaten/Kota di Kalimantan Selatan.
5. Menaksir *jarak euclidean* dengan menggunakan persamaan (2.25)
6. Memodelkan data jumlah bencana banjir dengan metode GWR
 - (a) Mengestimasi *bandwith* optimum menggunakan persamaan (2.26)
 - (b) Mengestimasi matriks pembobot menggunakan fungsi *Adaptive Gaussian kernel* dan *Adaptive Bisquare kernel* berdasarkan pada persamaan (2.22) dan (2.23)
 - (c) Menaksir parameter disetiap wilayah untuk mendapatkan model GWR
 - (d) Menguji kesesuaian model GWR
 - (e) Melakukan pengujian parameter model GWR
 - (f) Merepresentasikan hasil
7. Mengidentifikasi variabel independen mana yang masuk kedalam variabel lokal atau variabel global dalam pengujian variabilitas spasial melalui uji-F

8. Memperoleh variabel lokal serta variabel global
9. Mengestimasi parameter model MGWR untuk data jumlah bencana banjir dengan variabel lokal dan variabel global yang telah diperoleh
10. Memperoleh model MGWR
11. Melakukan pengujian kesesuaian model MGWR sesuai dengan persamaan (2.40)
12. Mengadakan uji terhadap parameter secara sebagian guna mengetahui variabel-variabel yang berpengaruh signifikan terhadap kasus bencana banjir pada tiap Kabupaten/Kota di Kalimantan Selatan sesuai dengan persamaan (2.41) untuk parameter global serta persamaan (2.42) untuk parameter lokal
13. Menghitung koefisien determinasi dari masing-masing model
14. Menginterpretasikan hasil

Berikut akan ditampilkan alur penelitian dalam flowchart sesuai gambar 3.1 berikut.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



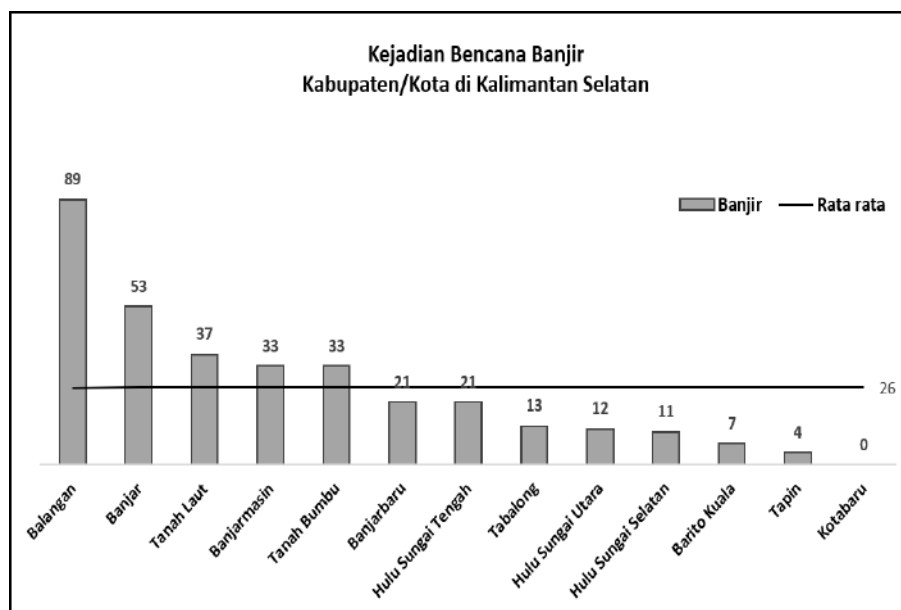
Gambar 3.1 Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

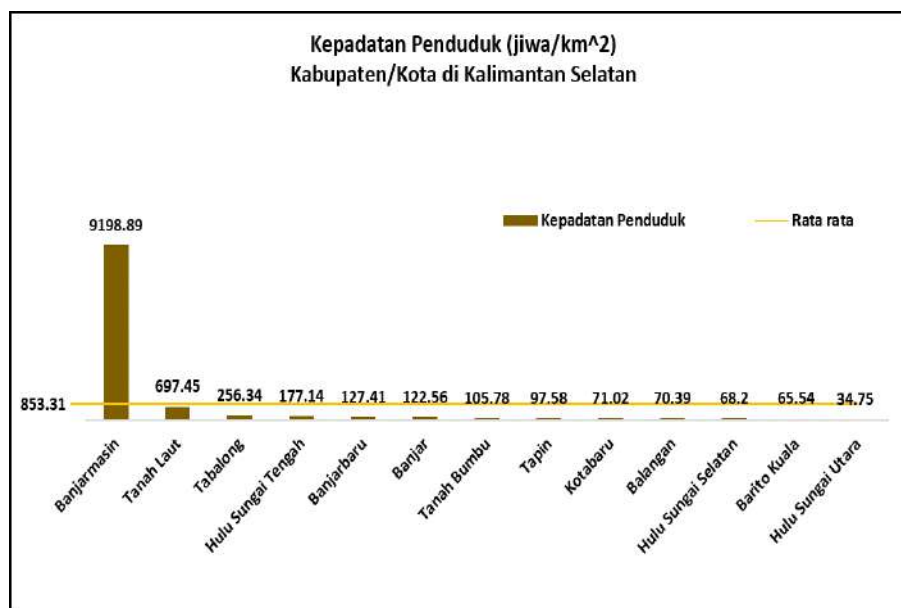
4.1. Analisis Data Penelitian

Provinsi Kalimantan Selatan merupakan wilayah yang berada dibagian tenggara Pulau Kalimantan. Secara geografis Kalimantan Selatan terletak pada $114^{\circ}50'1,62''$ lintang selatan dan $3^{\circ}29'4,31''$ bujur timur. Kalimantan Selatan berbatasan langsung dengan Selat Makassar pada bagian timur, berbatasan dengan Provinsi Kalimantan Tengah pada bagian barat, berbatasan dengan Laut Jawa pada bagian selatan dan berbatasan dengan Provinsi Kalimantan Timur pada bagian utara. Sedangkan, secara topografi wilayah Kalimantan Selatan mayoritas pada dataran rendah pada bagian timur dan barat serta pada bagian tengah termasuk dataran tinggi dari Pegunungan Meratus. Dari aspek geografis dan topografi menjadi salah satu aspek pemicu terjadinya banjir. Sehingga dalam penelitian ini melakukan analisis secara statistika deskriptif pada kasus banjir di Kalimantan Selatan pada tahun 2021. Representasi awal kasus banjir dan faktor penyebab banjir dijelaskan sebagai berikut.



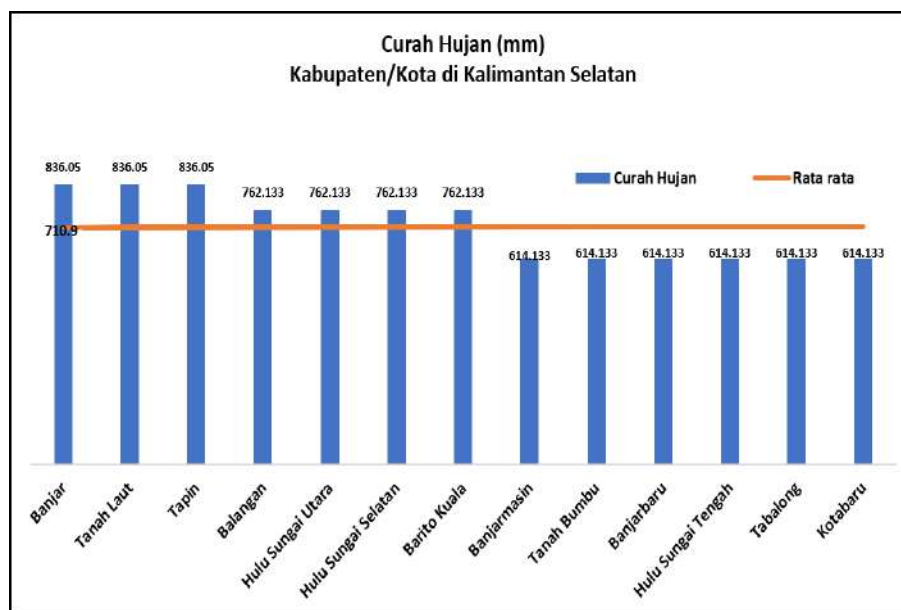
Gambar 4.1 Kejadian Banjir di Kalimantan Selatan Tahun 2021

Berdasarkan Tabel 4.1 merepresentasikan bahwa kasus kejadian banjir di Kalimantan Selatan pada tahun 2021 rata-rata terjadi sebanyak 26 kasus banjir. Dimana kasus kejadian banjir tertinggi di Kabupaten Balangan dengan 89 kasus banjir. Sedangkan, kasus kejadian banjir terendah yaitu pada Kabupaten Kotabaru yang tidak mengalami banjir. Pada kasus kejadian banjir di Kalimantan Selatan memiliki standard deviasi sebesar 24,284. Nilai standard deviasi yang diperoleh kurang dari rata-rata dengan artian data kejadian banjir kurang bervariasi (bersifat homogen). Selanjutnya, pada gambar 4.2 menampilkan kepadatan penduduk pada masing-masing Kabupaten/Kota di Kalimantan Selatan.



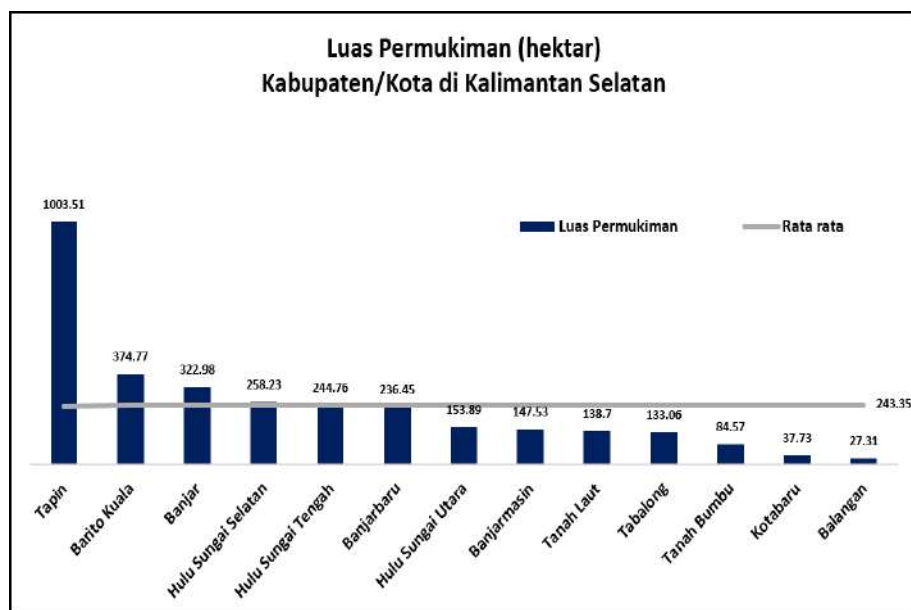
Gambar 4.2 Kepadatan Penduduk di Kalimantan Selatan Tahun 2021

Berdasarkan gambar 4.2 kepadatan penduduk di Kalimantan Selatan menunjukkan rata-rata sebesar 853,31 jiwa/km². Kepadatan penduduk tertinggi berada pada wilayah Kota Banjarmasin dengan 9198,89 jiwa/km², penyumbang tertinggi kepadatan penduduk di Kota Banjarmasin yaitu wilayah Kecamatan Banjarmasin Tengah (Anandasari and Hasahan, 2022). Sedangkan, kepadatan penduduk terendah berada pada wilayah Kotabaru dengan besaran 34,75 jiwa/km². Disamping itu, nilai standard deviasi kepadatan penduduk lebih besar dibandingkan dengan rata-rata sebesar 2513,454 maka dapat dikatakan bahwa data kepadatan penduduk bervariasi (heterogen).



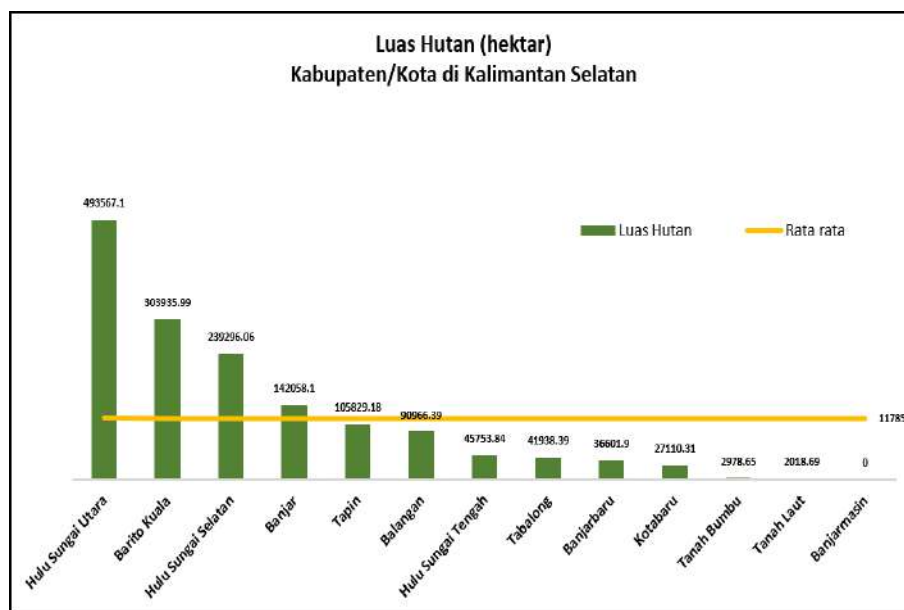
Gambar 4.3 Curah Hujan di Kalimantan Selatan Tahun 2021

Berdasarkan gambar 4.3 curah hujan di Kalimantan Selatan secara faktual tergolong tinggi, hal tersebut dinyatakan dengan rata-rata curah hujan di Kalimantan Selatan sebesar 710,9 mm/tahun. Curah hujan yang tergolong tinggi ini menjadi salah satu pemicu terjadinya banjir di seluruh wilayah Kalimantan Selatan. Berdasarkan hasil statistika deskriptif yang diperoleh curah hujan yang maksimum berada pada wilayah Kabupaten Banjar, Kabupaten Banjarbaru serta Kabupaten Tanah Laut sebesar 836 mm/tahun. Sedangkan, sesuai dengan hasil statistika deskriptif diperoleh curah hujan minimum berada pada Kota Banjarmasin, Kabupaten Barito Kuala, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kabupaten Hulu Sungai Utara dan Kabupaten Tapin dengan besaran 614,1 mm/tahun. Nilai standard deviasi pada curah hujan sebesar 97,32675 lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata yang diperoleh, maka data curah hujan bervariasi atau bersifat heterogen.



Gambar 4.4 Luas Permukiman di Kalimantan Selatan Tahun 2021

Berdasarkan gambar 4.4 rata-rata luas permukiman di Kalimantan Selatan seluas 243,25 Ha. Wilayah permukiman terluas seluas 1003,51 Ha pada wilayah Kabupaten Tanah Laut. Sedangkan, luas permukiman tersempit seluas 27,31 Ha pada wilayah Kabupaten Balangan. Pada data luas permukiman bersifat heterogen atau bervariasi dikarenakan nilai standard deviasi lebih besar dibandingkan dengan rata-rata sebesar 251,029. Sedangkan, untuk wilayah hutan pada masing-masing Kabupaten/Kota di Kalimantan Selatan ditampilkan pada gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4.5 Luas Hutan di Kalimantan Selatan Tahun 2021

Berdasarkan gambar 4.5 rata-rata luas hutan di wilayah Kalimantan Selatan sebesar 117.850 Ha. Wilayah hutan terluas berada pada wilayah Kabupaten Kotabaru dengan luas sebesar 493.567 Ha. Sedangkan, terdapat wilayah di Kalimantan Selatan yang tidak memiliki lahan hutan yaitu Kota Banjarmasin. Data luas hutan bersifat heterogen atau bervariasi dikarenakan nilai standard deviasi sebesar 146711,2 lebih besar dibandingkan dengan nilai rata-rata yang diperoleh.

4.2. Model Regresi Linear

Memodelkan kejadian banjir di Kalimantan Selatan menggunakan regresi linear berguna untuk mengetahui keterkaitan maupun pengaruh dari variabel kepadatan penduduk, curah hujan, luas permukiman serta luas hutan terhadap terjadinya banjir. Dalam memodelkan kejadian banjir di Kalimantan Selatan menggunakan regresi linear melalui beberapa tahapan sesuai yang tertera dibawah ini.

4.2.1. Penaksiran Parameter Model Regresi

Dalam menaksir parameter regresi untuk kejadian banjir di Kalimantan Selatan menggunakan OLS (*Ordinary Least Square*) sesuai persamaan (2.3). Berikut ditampilkan dalam tabel hasil penaksiran parameter regresi.

Tabel 4.1 Hasil Penaksiran Parameter Model Regresi

Parameter	Nilai
β_0	-8,110
β_1	-9,379
β_2	0,1727
β_3	-51,73
β_4	$-5,173 \times 10^{-5}$

Hasil penaksiran dari parameter model regresi pada Tabel 4.1 didapatkan, diperoleh β_0 dari model regresi sebesar -8,110. Nilai koefisien dari masing-masing variabel bebas sehingga dapat dibentuk persamaan untuk model regresi linear sebagai berikut.

$$\hat{Y} = -8,110 - 9,379x_1 + 0,1727x_2 - 51,73x_3 - 5,173 \times 10^{-5}x_4$$

Nilai estimasi yang diperoleh dari variabel kepadatan penduduk, luas permukiman serta luas hutan mendapatkan koefisien bernilai negatif. Sedangkan, untuk variabel curah hujan memiliki nilai koefisien positif. Persamaan diatas merupakan model umum, dimana belum diketahui variabel mana saja yang berpengaruh secara nyata terhadap kejadian banjir maka perlu dilanjutkan pengujian terhadap parameter secara keseluruhan maupun sebagian. Pengujian secara keseluruhan serta sebagian pada parameter regresi menggunakan nilai signifikansi sebesar 0,05.

4.2.2. Hasil Pemeriksaan Parameter Regresi Secara Keseluruhan

Pemeriksaan parameter regresi yang telah diperoleh guna mengetahui variabel bebas yang digunakan seperti kepadatan penduduk, curah hujan, luas permukiman serta luas hutan secara keseluruhan berpengaruh terhadap kejadian banjir di Kalimantan Selatan. Dalam pengujian parameter regresi secara keseluruhan menggunakan tabel ANOVA serta beracuan pada hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0; k = 1, 2, \dots, p$$

H_1 : paling sedikit terdapat satu k dimana $\beta_k \neq 0$

Tabel 4.2 Hasil ANOVA

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	<i>p-value</i>
Regresi	2558,831	4	639,708	1,133	0,406
Residual	4517,938	8	564,742		
Total	7076,769	12			

Hasil analisis pada Tabel 4.2 didapatkan nilai F sebesar 1,133 dengan $F_{(0,05;4,8)} = 3,84$. Sedangkan, untuk nilai *p-value* sebesar 0,406 maka dapat diambil keputusan bahwa H_0 diterima karena nilai dari $F < F_{(0,05;4,8)}$ atau dengan kata lain nilai *p-value* lebih besar dari $\alpha = 0,05$. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa secara keseluruhan variabel bebas yang digunakan tidak berpengaruh secara nyata terhadap kejadian banjir di Kalimantan Selatan.

4.2.3. Pengujian Parameter Regresi Secara Parsial

Adanya pengujian parameter regresi secara sebagian untuk mengetahui variabel bebas apa saja yang secara nyata berpengaruh signifikan terhadap kejadian banjir di Kalimantan Selatan. Dalam pengujian parameter regresi secara parsial dapat dilihat pada hasil dibawah ini yang beracuan dengan hipotesis berikut:

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, p$$

Tabel 4.3 Uji Parameter Secara Parsial

Variabel	t	p -value
x_1	-0,028	0,9781
x_2	2,082	0,0709
x_3	-0,856	0,4169
x_4	-0,646	0,5361

Hasil pengujian parameter secara parsial Tabel 4.3 diperoleh nilai dari $|t|$ dan p -value dari masing-masing variabel bebas. Disamping itu, didapatkan hasil dari $t_{(0.025;8)} = 2,30600$, dilihat dari masing-masing variabel bahwa keputusan terima H_0 dikarenakan nilai $|t| < t_{(0.025;8)}$ atau nilai p -value lebih besar dari $\alpha = 0,05$, maka dapat diambil keputusan bahwa tidak terdeteksi adanya variabel yang signifikan. Selanjutnya perlu dilakukan pengujian asumsi klasik yaitu pengujian residual dari model regresi diatas.

4.2.4. Pengujian Asumsi Klasik

Terdapat beberapa pengujian asumsi klasik yang dilakukan yaitu non-multikolinieritas, normalitas, heterokesdatisitas serta non-autokorelasi. Berikut hasil serta pemaparan dari serangkaian pengujian asumsi klasik.

1. Pengujian Multikolinieritas

Pengujian multikolinieritas dilakukan untuk mengetahui adanya keterkaitan antar variabel independen pada model regresi. Jika variabel independen terindikasi multikolinieritas maka estimasi parameter akan menghasilkan *error* yang besar. Pengujian multikolinieritas menggunakan nilai VIF sesuai pada persamaan (2.6), terindikasi multikolinieritas ketika nilai VIF lebih dari

10. Berikut akan disajikan nilai VIF pada setiap variabel bebas.

Tabel 4.4 Hasil nilai VIF

Variabel	VIF
x_1	2,839645
x_2	1,386074
x_3	1,379855
x_4	3,201767

Hasil analisis pada Tabel 4.4 diperoleh pada setiap variabel bebas memiliki nilai VIF kurang dari 10. Maka menandakan bahwa tidak terdeteksi adanya multikolinieritas atau tidak ada keterkaitan linier antar variabel bebas.

2. Pengujian Normalitas

Penelitian ini dalam menguji normalitas residual dari model regresi menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* sesuai pada persamaan 2.8. Diperoleh hasil pengujian normalitas residual yaitu nilai *Kolmogorov-Smirnov* sebesar 0,1288 dengan nilai *p-value* sebesar 0,8034. Hal tersebut menandakan bahwa residual model regresi berdistribusi normal dikarenakan nilai *p-value* lebih besar dari $\alpha = 0,05$.

3. Pengujian Heterokedstisitas

Pada penelitian ini dalam pengujian heterokedstisitas pada residual model regresi memakai uji *Glejser*. Hasil dari pengujian heterokedstisitas beracuan dengan hipotesis berikut:

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

$$H_1 : \text{paling sedikit terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2 \text{ dengan nilai } i = 1, 2, \dots, p$$

Tabel 4.5 Hasil Nilai Heterokesdatisitas

Uji	F_R	p -value
Heterokesdatisitas	10,9	0,0282

Hasil uji heterokesdatisitas pada Tabel 4.5 didapatkan nilai F_R sebesar 10,9 dimana $F_{(0,05;4,8)} = 3,84$ sehingga $F_R > F_{(0,05;4,8)}$. Dilain sisi, nilai p -value kurang dari $\alpha = 0,05$, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa tolak H_0 dengan artian terdeteksi adanya ragam residual.

4. Pengujian Autokorelasi

Pengujian autokorelasi dalam penelitian ini menggunakan uji *Durbin-Waston* guna mengetahui ada atau tidaknya keterkaitan antar residual. Diperoleh nilai *Durbin-Waston* (d) sebesar 1,8503 dengan nilai $d_L = 0,5745$ dan nilai $d_U = 2,0943$. Dari hasil yang telah didapatkan menyatakan bahwa nilai d berada pada kondisi $d_L < d < d_U$ maka tidak dapat diambil keputusan ada atau tidaknya autokorelasi pada data kejadian banjir di Kalimantan Selatan. Kondisi tersebut diperlukan pengujian lanjutan agar mengetahui non-autokorelasi dengan menggunakan uji *Run Test* (Ghozali, 2018). Dari pengujian *Run Test* menunjukkan nilai p -value lebih besar dari α yaitu 0,7535 sehingga tidak terdeteksi autokorelasi.

Pengujian asumsi klasik pada model regresi linear memperoleh hasil yang berdistribusi normal, tidak terdeteksi multikolinieritas, terdeteksi adanya ragam residual serta tidak terdeteksi autokorelasi. Namun, pada pengujian parameter secara keseluruhan maupun sebagian tidak terdeteksi variabel yang signifikan serta kebaikan model R^2 sebesar 36,16% maka regresi linear dalam memodelkan kejadian banjir di Kalimantan Selatan kurang baik. Hal tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lokasi sehingga perlu menambahkan metode lain yang

mempertimbangkan efek spasial. Metode yang mempertimbangkan efek spasial salah satunya yaitu model *Geographically Weighted Regression* (GWR) maupun MGWR, dimana dalam mempertimbangkan efek spasial terlebih dahulu dapat melalui pengujian asumsi model GWR.

4.3. Pengujian Asumsi Model Geographically Weighted Regression

Ketika akan melakukan analisis model *Geographically Weighted Regression* (GWR) maupun MGWR harus memperhatikan ada atau tidaknya heterogenitas dari efek spasial. Pendeteksian heterogenitas spasial menggunakan *Breusch-Pagan* (BP) memakai persamaan (2.11) yang beracuan dengan hipotesis berikut:

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_p^2 = \sigma^2 \text{ (Tidak ditemukan heterogenitas spasial)}$$

$$H_1 : \text{Paling sedikit terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2 \text{ (Ditemukan heterogenitas spasial)}$$

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Heterogenitas Spasial

Uji	<i>Breusch-Pagan</i>	<i>p-value</i>
Heterogenitas Spasial	10,71	0,03003

Hasil pengujian heterogenitas spasial pada Tabel 4.6 menunjukkan bahwa nilai BP sebesar 10,71 dan nilai *p-value* sebesar 0,03003. Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil uji heterogenitas spasial yaitu sesuai dengan hipotesis bahwa tolak H_0 yang memiliki artian ditemukan heterogenitas spasial dikarenakan nilai BP lebih besar dari titik kritis $\chi_{0,05;4}^2 = 9,487729$ atau nilai *p-value* kurang dari $\alpha = 0,05$.

Hasil yang diperoleh dari uji asumsi klasik model regresi didapatkan bahwa residual berdistribusi normal, tidak terdeteksi multikolinieritas serta terdeteksi adanya heterokedstisitas. Hal tersebut dikuatkan dengan uji BP yang menyatakan bahwa adanya heterogenitas spasial, sehingga dengan model regresi tidak cukup untuk memodelkan kejadian banjir di Kalimantan Selatan, maka perlu

menggunakan metode yang memperhatikan adanya efek spasial seperti model GWR dan MGWR.

4.4. Model Geographically Weighted Regression (GWR)

Sesuai dengan hasil analisis bahwa standard deviasi pada variabel bebas yang menjadi faktor-faktor penyebab banjir di Kalimantan Selatan memperlihatkan adanya keragaman yang cukup besar. Hal tersebut menandakan bahwa penyebab banjir di masing-masing Kabupaten/Kota berbeda, diperkuat dengan hasil pada pengujian efek spasial bahwa terdeteksi adanya pengaruh spasial maka dapat dilanjutkan untuk memodelkan kejadian banjir menggunakan metode *Geographically Weighted Regression (GWR)*.

4.4.1. Penentuan Bandwidth

Tahapan awal dalam pembentukan model GWR yaitu penentuan *bandwidth*. Penentuan *bandwidth* berguna untuk membentuk matriks pembobot spasial. Dalam penelitian ini penentuan *bandwidth* berdasarkan pada nilai CV yang minimum. Berikut penentuan *bandwidth* bagi pembobot *Adaptive Gaussian* dan *Adaptive Bisquare*.

Tabel 4.7 Bandwidth *Adaptive Gaussian* dan *Adaptive Bisquare*

Lokasi Pengamatan	<i>Adaptive Gaussian</i>	<i>Adaptive Bisquare</i>
Kabupaten Balangan	0,2623918	1,6890818
Kabupaten Banjar	0,5102670	1,3787478
Kota Banjarbaru	0,3562062	1,4710257
Kota Banjarmasin	0,3721070	1,5045957
Kabupaten Barito Kuala	0,3011309	1,47422395
Kabupaten Hulu Sungai Selatan	0,2908139	1,2616303
Kabupaten Hulu Sungai Tengah	0,2703328	1,4476611
Kabupaten Hulu Sungai Utara	0,4115315	1,6211275
Kabupaten Kotabaru	2,2829816	3,2727013
Kabupaten Tabalong	0,4117512	1,8592664
Kabupaten Tanah Bumbu	0,7882656	1,5374805
Kabupaten Tanah Laut	0,7598344	1,8592761
Kabupaten Tapin	0,4892515	0,9889956

Berdasarkan Tabel 4.7 didapatkan *bandwidth* optimum untuk setiap Kabupaten/Kota di Kalimantan Selatan. Dimana nilai *bandwidth* optimum diperoleh nilai CV minimum sebesar 139518,4 untuk *Adaptive Gaussian* dan CV minimum sebesar 35235,39 untuk *Adaptive Bisquare*. Nilai *bandwidth* optimum tersebut akan digunakan untuk memperoleh matriks pembobot pada masing-masing kabupaten/kota di wilayah Kalimantan Selatan. Dalam memperoleh matriks pembobot tersebut dengan mensubstitusikan nilai *bandwidth* pada masing-masing fungsi *Adaptive Gaussian* dan *Adaptive Bisquare*. Ketika pembentukan matriks pembobot juga memerlukan jarak *Euclidean* (d_{ij}) sesuai persamaan 2.25 pada lokasi (u_i, v_i) dengan seluruh lokasi observasi maka akan diperoleh matriks pembobot pada lokasi yaitu $\mathbf{W}(u_i, v_i)$. Penentuan nilai jarak *Euclidean* serta matriks pembobot berlaku untuk setiap lokasi pengamatan sehingga akan mendapatkan 13 matriks pembobot. Berikut hasil dari perhitungan jarak *Euclidean* dan pembobot W_{ij} pada setiap Kabupaten/Kota di Kalimantan Selatan.

Tabel 4.8 Jarak Euclidean

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	1,20872	1,31837	1,36996	1,32516	0,43015	0,25544	0,33206	3,10037	0,17031	1,38119	1,68910	0,70136
2	1,20087	0	0,61976	0,99835	0,75212	0,79152	0,96009	1,18749	2,31372	1,37876	0,50756	0,50173	0,53746
3	1,31837	0,69198	0	0,32275	0,06356	0,92611	1,14556	1,11867	2,96271	1,47104	1,19937	0,75799	0,69256
4	1,36996	0,99835	0,32275	0	0,25926	1,03967	1,24856	1,10793	3,28464	1,50172	1,50460	1,06951	0,86746
5	1,32517	0,75212	0,06356	0,25926	0	0,94343	1,16210	1,11186	3,02624	1,47425	1,25967	0,81777	0,72135
6	0,43015	0,79153	0,92611	1,03967	0,94343	0	0,21956	0,42894	2,85321	0,59932	1,04506	1,26164	0,27705
7	0,25545	0,96009	1,14556	1,24856	1,16210	0,21956	0	0,41971	2,87838	0,42213	1,13004	1,44767	0,48445
8	0,33207	1,18749	1,11867	1,10793	1,11186	0,42894	0,41971	0	3,27270	0,41072	1,47400	1,62114	0,65004
9	3,10037	2,31372	2,96271	3,28464	3,02624	2,85321	2,87837	3,27270	0	3,22556	1,84944	2,27992	2,72532
10	0,17031	1,37876	1,47104	1,50172	1,47425	0,59932	0,42213	0,41072	3,22556	0	1,53748	1,85929	0,87594
11	1,38120	0,50756	1,19937	1,50460	1,25967	1,04506	1,13004	1,47400	1,84944	1,53748	0	0,77911	0,88014
12	1,68910	0,50173	0,75799	1,06951	0,81777	1,26164	1,44767	1,62114	2,27992	1,85929	0,77911	0	0,98900
13	0,70714	0,53746	0,69256	0,86746	0,72135	0,27705	0,48445	0,65004	2,72532	0,87594	0,88014	0,98900	0

Hasil pada Tabel 4.8 menunjukkan besaran jarak *euclidean* untuk masing-masing wilayah pengamatan. Setelah diperoleh jarak *euclidean* maka dapat disubstitusikan dalam persamaan 2.22 dan persamaan 2.23 untuk mendapatkan pembobot *Adaptive Gaussian* dan *Adaptive Bisquare* pada setiap lokasi pengamatan. Berikut hasil dari pembobot *Adaptive Gaussian* dan *Adaptive Bisquare* yang ditampilkan dalam tabel 4.9 dan tabel 4.10.

Tabel 4.9 Pembobot *Adaptive Gaussian* Setiap Lokasi Pengamatan

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	0,00002	0	0	0	0,26087	0,62257	0,44897	0	0,81006	1	0,00002	
2	0,06271	1	0,47826	0,14749	0,33746	0,30026	0,17032	0,06667	0,00003	0,02598	0,06271	1	0,47826
3	0,00106	0,15154	1	0,66333	0,98421	0,03406	0,00568	0,00722	0	0,00020	0,00106	0,15154	1
4	0,00114	0,02735	0,68650	1	0,78449	0,02018	0,00359	0,01188	0	0,00029	0,00114	0,02735	0,68650
5	0,00006	0,04420	0,97797	0,69031	1	0,00739	0,00058	0,00110	0	0,00001	0,00006	0,04420	0,97797
6	0,33490	0,02463	0,00628	0,00168	0,00518	1	0,75201	0,33697	0	0,11961	0,33490	0,02463	0,00628
7	0,63989	0,00182	0,00013	0,00002	0,00010	0,71904	1	0,29963	0	0,29547	0,63989	0,00182	0,00013
8	0,72213	0,01556	0,02486	0,02668	0,02600	0,58089	0,59448	1	0	0,60773	0,72213	0,01556	0,02486
9	0,39767	0,59837	0,43082	0,35523	0,41538	0,45796	0,45167	0,35790	1	0,36858	0,39767	0,59837	0,43082
10	0,91801	0,00367	0,00169	0,00129	0,00165	0,34670	0,59124	0,60805	0	1	0,91801	0,00367	0,00169
11	0,21543	0,81278	0,31426	0,16176	0,27891	0,41527	0,35788	0,17407	0,06378	0,14925	0,21543	0,81278	0,31426
12	0,08451	0,80412	0,60806	0,37135	0,56037	0,25196	0,16284	0,10269	0,01109	0,05010	0,08451	0,80412	0,60806
13	0,35186	0,54696	0,36718	0,20767	0,33725	0,85186	0,61249	0,41369	0	0,20135	0,35186	0,54696	0,36718

Tabel 4.10 Pembobot *Adaptive Bisquare* Setiap Lokasi Pengamatan

Lokasi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	0,23798	0,15265	0,11702	0,14776	0,87448	0,95477	0,92418	5,61519	0,97977	0,10972	0	0,68485
2	0,05823	1	0,63668	0,22623	0,49335	0,44942	0,26528	0,06663	0	0	0,74731	0,75267	0,71916
3	0,03870	0,60638	1	0,90603	0,99627	0,36435	0,15484	0,17778	0	0	0,11235	0,53944	0,60579
4	0,02923	0,31329	0,91009	1	0,94150	0,27303	0,09696	0,20955	0	0,00001	0	0,24475	0,44569
5	0,03684	0,54716	0,99629	0,93910	1	0,34862	0,14333	0,18589	0	0	0,07282	0,47925	0,57846
6	0,78099	0,36765	0,21261	0,10293	0,19426	1	0,94034	0,78215	0	0,59956	0,09845	0	0,90587
7	0,93869	0,31374	0,13969	0,06557	0,12641	0,95452	1	0,83894	0	0,83716	0,15258	0	0,78855
8	0,91784	0,21473	0,27435	0,28397	0,28044	0,86487	0,87043	1	0	0,87574	0,03000	0	0,70427
9	0,01051	0,25018	0,03257	0	0,02101	0,05756	0,05128	0	1	0,00082	0,46328	0,26489	0,09396
10	0,98329	0,20252	0,13983	0,12079	0,13779	0,80297	0,89955	0,90477	0	1	0,09992	0	0,60531
11	0,03723	0,79391	0,15324	0,00179	0,10806	0,28941	0,21140	0,00654	0	0	1	0,55235	0,45198
12	0,03049	0,85966	0,69525	0,44768	0,65050	0,29108	0,15501	0,05746	0	0	0,67962	1	0,51414
13	0,23886	0,49654	0,25967	0,05318	0,21899	0,84920	0,57766	0,32258	0	0,04644	0,04325	0	1

Hasil pembobot *Adaptive Gaussian* dan *Adaptive Bisquare* pada Tabel 4.9 dan 4.10 untuk masing-masing lokasi observasi. Selanjutnya untuk menentukan matriks pembobot diberikan contoh pada wilayah pengamatan ke-10 yaitu Kabupaten Tabalong. Dari nilai pembobot *Adaptive Gaussian* yang telah diperoleh dapat dibentuk matriks pembobot untuk wilayah Kabupaten Tabalong seperti berikut :

$$W(u_{10}, v_{10})_{(13 \times 13)} = \begin{bmatrix} 0,91801 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0,00367 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0,0169 \end{bmatrix}$$

Matriks pembobot yang terbentuk dapat digunakan untuk penaksiran parameter di Kabupaten Tabalong pada wilayah (u_{10}, v_{10}) . Namun, untuk penaksiran pada parameter wilayah lainnya harus membentuk matriks pembobot sesuai dengan wilayah (u_i, v_i) seperti contoh pembentukan matriks pembobot pada lokasi pengamatan Kabupaten Tabalong.

4.4.2. Penaksiran Parameter GWR Pembobot *Adaptive Gaussian*

Metode yang digunakan dalam menaksir parameter GWR dengan pembobot *Adaptive Gaussian* yaitu menggunakan *Weighted Least Square* (WLS). Didapatkan

penaksiran parameter GWR ($\hat{\beta}(u_i, v_i)$) dengan pembobot *Adaptive Gaussian* untuk setiap tempat pengamatan yang akan dipaparkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.11 Penaksiran Parameter GWR *Adaptive Gaussian*

Lokasi Pengamatan	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$
Kabupaten Balangan	-594,74384	0,10021	0,96850	0,13290	-0,00072
Kabupaten Banjar	-77,36873	0,00256	0,13798	-0,00498	0,00005
Kota Banjarbaru	-33,94032	0,00308	0,06380	-0,00416	0,00021
Kota Banjarmasin	-31,38779	0,00301	0,06015	-0,00174	0,00021
Kabupaten Barito Kuala	-30,68241	0,00301	0,05956	-0,00421	0,00022
Kabupaten Hulu Sungai Selatan	-343,92335	0,00135	0,59519	0,03059	-0,00039
Kabupaten Hulu Sungai Tengah	-501,18453	0,06705	0,83780	0,07613	-0,00062
Kabupaten Hulu Sungai Utara	-274,10461	-0,00016	0,50258	-0,04501	-0,00033
Kabupaten Kotabaru	-91,47201	0,00160	0,17592	-0,01037	-0,00006
Kabupaten Tabalong	-415,67264	0,00015	0,72580	0,04101	-0,00056
Kabupaten Tanah Bumbu	-88,50047	0,00197	0,16564	-0,01243	-0,00001
Kabupaten Tanah Laut	-64,37234	0,00265	0,11699	-0,00148	0,00005
Kabupaten Tapin	-84,50295	0,00226	0,15876	-0,02326	0,00005

Hasil analisis pada Tabel 4.11 memperlihatkan bahwa nilai penaksiran parameter variabel. Pada masing-masing lokasi pengamatan nilai β_0 bernilai negatif. Penaksiran parameter setiap variabel mendapatkan nilai koefisien yang negatif maupun positif. Variabel curah hujan (x_2) memiliki koefisien positif pada masing-masing wilayah pengamatan. Wilayah Kabupaten Balangan yang memiliki nilai koefisien curah hujan sebesar 0,96850, maka dapat diartikan bahwa kejadian banjir dapat bertambah sebesar 0,96850 satuan jika variabel curah hujan bertambah satu satuan dengan asumsi variabel lain bernilai tetap. Selain itu, untuk variabel kepadatan penduduk (x_1), luas permukiman (x_3) dan luas hutan (x_4) pada beberapa wilayah pengamatan memiliki koefisien positif dan negatif. Contohnya pada wilayah Kabupaten Tabalong bahwa kejadian banjir dapat berkurang sebesar 0,00056 satuan ketika variabel luas hutan bertambah sebesar satu satuan dengan asumsi variabel lain bernilai konstan.

4.4.3. Pemeriksaan Parameter Model GWR Pembobot *Adaptive Gaussian*

Pemeriksaan parameter model GWR mencakup pemeriksaan kesesuaian model serta pengujian secara parsial. Pengujian kesesuaian bertujuan mengetahui adanya perbedaan dari model regresi dengan GWR. Berikut dipaparkan hasil dari pengujian kesesuaian model dengan hipotesis dibawah ini.

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

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$$

Tabel 4.12 Kesesuaian Model GWR *Adaptive Gaussian*

Sumber Keragaman Residual	JKR	F_G	p -value
Regresi	4684,7999	15,139	0,001908
GWR <i>Adaptive Gaussian</i>	309,4494		

Hasil analisis pada Tabel 4.12, diperoleh nilai JKR (Jumlah Kuadrat Residual) dari model GWR *Adaptive Gaussian* lebih kecil dibandingkan dengan model regresi. Hasil pengujian kesesuaian model memperoleh nilai F_G sebesar $15,139 > F_{(0,05;2.051,8)} = 4,4321$ sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa tolak H_0 . Dengan kata lain antara model GWR *Adaptive Gaussian* dengan model regresi mempunyai perbedaan yang signifikan.

Pengujian parameter secara parsial dengan melihat hasil dari T_G yang dibandingkan dengan nilai t . Diperoleh nilai $t_{(0,025;8)} = 2,30600$, sehingga ketika nilai dari $|T_G| > t_{(0,25;8)}$ dapat disimpulkan parameter ke- k berpengaruh secara nyata pada wilayah pengamatan ke- i . Berikut akan ditampilkan pengujian parameter model GWR pada wilayah Kabupaten Tabalong, sedangkan untuk parameter model GWR pada wilayah lainnya ditampilkan pada Lampiran B.

Tabel 4.13 Uji Parameter GWR *Adaptive Gaussian* di Kabupaten Tabalong

Parameter	Estimasi	T_G	p -value
β_0	-415,67264	-4,2131925	0,002943
β_1	0,00016	0,04191939	0,967590
β_2	0,72580	4,8217493	0,001318
β_3	0,04101	0,54721920	0,599157
β_4	$-1,23815 \times 10^{-6}$	-3,76698309	0,005489

Hasil analisis pada Tabel 4.13 diperoleh estimasi dari setiap parameter maka dapat dibentuk model GWR dengan pembobot *Adaptive Gaussian* pada lokasi Kabupaten Tabalong sebagai berikut:

$$\hat{y}_{10} = -415,67262 + 0,00016x_1 + 0,72580x_2 + 0,04101x_3 - 1,23815 \times 10^{-6}x_4$$

Hasil pengujian parameter model GWR *Adaptive Gaussian* pada Tabel 4.13 menunjukkan bahwa dari keseluruhan variabel bebas yang memenuhi syarat $|T_G| > t_{(0,025;8)}$ yaitu variabel curah hujan (x_2) dan luas hutan (x_4). Variabel curah hujan (x_2) dan luas hutan (x_4) menjadi faktor yang berpengaruh signifikan terjadinya banjir di wilayah Kabupaten Tabalong.

4.4.4. Penaksiran Parameter GWR Pembobot *Adaptive Bisquare*

Dalam menaksir parameter GWR dengan pembobot *Adaptive Bisquare* sama halnya dengan penaksiran pada parameter sebelumnya yang menggunakan pembobot *Adaptive Gaussian*. Hasil dari penaksiran parameter GWR dengan pembobot *Adaptive Bisquare* disajikan pada tabel 4.14 dibawah ini.

Tabel 4.14 Penaksiran Parameter GWR *Adaptive Bisquare*

Lokasi Pengamatan	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$
Kabupaten Balangan	-140,68726	0,00095	0,28426	-0,009783	-0,00009
Kabupaten Banjar	-67,49896	0,00262	0,12137	-0,00130	0,00005
Kota Banjarbaru	-45,69487	0,00303	0,08246	-0,00066	0,00014
Kota Banjarmasin	-40,81386	0,00332	0,07315	-0,01141	0,00026
Kabupaten Barito Kuala	-44,18788	0,00308	0,07971	-0,00219	0,00016
Kabupaten Hulu Sungai Selatan	-119,64779	0,00129	0,23900	-0,07904	-0,00003
Kabupaten Hulu Sungai Tengah	-146,46657	0,00070	0,28952	-0,08415	-0,00009
Kabupaten Hulu Sungai Utara	-100,94680	0,00158	0,21733	-0,11292	-0,00002
Kabupaten Kotabaru	-124,49749	-0,08007	0,25074	-0,02233	-0,00011
Kabupaten Tabalong	-142,42830	0,00093	0,28895	-0,10187	-0,00011
Kabupaten Tanah Bumbu	-94,96947	-0,00786	0,17376	-0,01210	0,000011
Kabupaten Tanah Laut	-60,62460	0,00281	0,10841	0,00138	0,00006
Kabupaten Tapin	-72,80302	0,00252	0,13542	-0,03296	0,00016

Hasil analisis pada Tabel 4.14 memperlihatkan hasil dari penaksiran parameter model GWR menggunakan pembobot *Adaptive Bisquare*. Diperoleh nilai *intercept* untuk masing-masing wilayah bernilai negatif. Disamping itu, untuk koefisien variabel curah hujan (x_2) memiliki nilai positif pada masing-masing wilayah pengamatan hal tersebut memberikan pengaruh terhadap kejadian banjir di Kalimantan Selatan. Pada wilayah Kabupaten Tanah Bumbu koefisien curah hujan bernilai positif sebesar 0,17376. Variabel kepadatan penduduk (x_1), luas permukiman (x_3) dan luas hutan (x_4) memiliki nilai koefisien negatif dan positif untuk beberapa wilayah pengamatan.

4.4.5. Pemeriksaan Parameter Model GWR Pembobot *Adaptive Bisquare*

Parameter yang telah diperoleh pada model GWR pembobot *Adaptive Bisquare* juga perlu dilakukan pemeriksaan secara keseluruhan dan secara sebagian. Berikut hasil kesesuaian model GWR pembobot *Adaptive Bisquare* dengan hipotesis dibawah ini.

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

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$$

Tabel 4.15 Uji Parameter Secara Keseluruhan GWR Adaptive Bisquare

Sumber Keragaman Residual	JKR	F_G	p -value
Regresi	4684,7999	3,6027	0,065341
GWR Adaptive Bisquare	1300,342		

Hasil pengujian parameter keseluruhan pada Tabel 4.15 diperoleh nilai F_G sebesar $3,6027 < F_{0,05;3,2059,8} = 4,0098$, dapat ditarik kesimpulan antara model GWR Adaptive Bisquare dengan model regresi tidak mempunyai perbedaan yang nyata. Langkah berikutnya yaitu pengujian parameter secara parsial dengan melihat nilai $|T_G| > t_{(0,025;8)}$. Diperoleh nilai $t_{(0,025;8)} = 2,306004$ untuk model GWR Adaptive Bisquare. Berikut akan ditampilkan pengujian parameter sebagian untuk wilayah Kabupaten Tabalong pada pengamatan ke-10. Sedangkan, untuk hasil pengujian parameter sebagian bagi wilayah lainnya akan ditampilkan pada Lampiran B.

Tabel 4.16 Uji Parameter Sebagian GWR Adaptive Bisquare di Kabupaten Tabalong

Parameter	Estimasi	T_G	p -value
β_0	-142,42830	-2,5941772	0,031905
β_1	0,00093	0,41119488	0,691724
β_2	0,28898	3,4573329	0,008601
β_3	-0,10187	-1,41983422	0,193428
β_4	$-1,06873 \times 10^{-4}$	-0,9858722	0,353070

Hasil pengujian parameter sebagian pada Tabel 4.16 diperoleh estimasi parameter dari setiap variabel sehingga dapat dibentuk model GWR Adaptive Bisquare untuk wilayah pengamatan Kabupaten Tabalong seperti berikut.

$$\hat{y}_{10} = -142,45589 + 0,00093x_1 + 0,28895x_2 - 0,10187x_3 - 1,06873 \times 10^{-4}x_4$$

Hasil analisis pada Tabel 4.16 memperlihatkan bahwa nilai T_G dari masing-masing variabel. Variabel yang memenuhi nilai $|T_G| > t_{(0,025;8)} = 2,3006004$ hanya variabel curah hujan. Dengan demikian, dapat diartikan bahwa kejadian banjir di wilayah Kabupaten Tabalong dipengaruhi oleh faktor curah hujan.

4.4.6. Hasil Pemetaan *Geographically Weighted Regression*

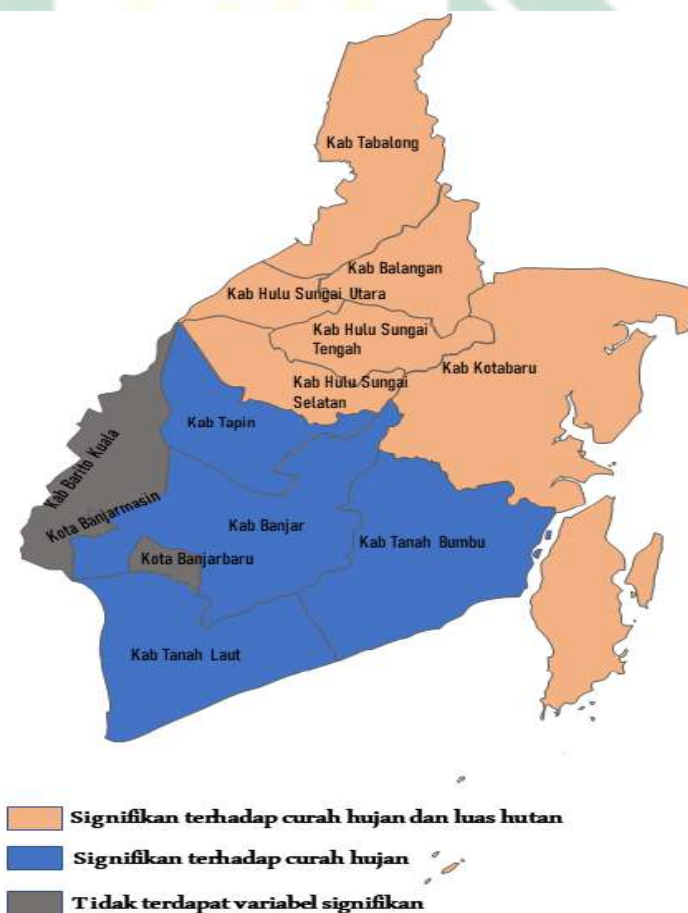
Model GWR *Adaptive Gaussian* dan *Adaptive Bisquare* yang telah diuji parameternya secara keseluruhan maupun parsial maka tahap selanjutnya yaitu memetakan hasil yang didapatkan mengenai faktor apa saja yang berpengaruh terhadap kejadian banjir di Kalimantan Selatan pada setiap wilayah pengamatan. Berikut hasil pemetaan model GWR dengan pembobot *Adaptive Gaussian* berdasarkan variabel yang relevan.

Tabel 4.17 Hasil GWR *Adaptive Gaussian* Pada Setiap Wilayah

Kabupaten/Kota	Variabel Signifikan
Kabupaten Balangan	x_2, x_4
Kabupaten Banjar	-
Kota Banjarbaru	-
Kota Banjarmasin	-
Kabupaten Barito Kuala	-
Kabupaten Hulu Sungai Selatan	x_2, x_4
Kabupaten Hulu Sungai Tengah	x_2, x_4
Kabupaten Hulu Sungai Utara	x_2, x_4
Kabupaten Kotabaru	x_2, x_4
Kabupaten Tabalong	x_2, x_4
Kabupaten Tanah Bumbu	x_2
Kabupaten Tanah Laut	x_2
Kabupaten Tapin	x_2

Hasil pengelompokan wilayah pada Tabel 4.17 bahwa terdapat 4 wilayah Kabupaten/Kota yang tidak relevan dipengaruhi oleh variabel kepadatan penduduk (x_1), curah hujan (x_2), luas permukiman (x_3) maupun luas hutan (x_4). Sedangkan,

terdapat 3 Kabupaten/Kota yang secara relevan dipengaruhi oleh variabel curah hujan (x_2) yaitu Kabupaten Tanah Bumbu, Kabupaten Tanah Laut dan Kabupaten Tapin. Selain itu, terdapat 6 wilayah pengamatan yang secara relevan dipengaruhi oleh variabel curah hujan (x_2) dan luas hutan (x_4) yaitu Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kabupaten Balangan, Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kabupaten Kotabaru dan Kabupaten Tabalong. Dari hasil tersebut terbentuk ada 3 kelompok yang dapat divisualisasikan melalui peta tematik, berikut hasil visualisasinya.



Gambar 4.6 Hasil Pemetaan GWR *Adaptive Gaussian*

Pemetaan pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa hasil peta tematik menggambarkan daerah mana saja yang signifikan kejadian banjirnya dipengaruhi oleh curah hujan maupun luas hutan. Kejadian banjir di Kabupaten Balangan yang signifikan dipengaruhi oleh curah hujan dan luas hutan. Memang di Kabupaten Balangan curah hujan tergolong tinggi sehingga menyebabkan turunnya hujan dengan intensitas tinggi pula sesuai dengan laporan oleh BPBD Kabupaten Balangan (Muhari, 2021). Kejadian banjir di Kabupaten Balangan juga disebabkan oleh luas hutan, hal tersebut dikarenakan luas hutan semakin berkurang dikarenakan adanya insiden kebakaran (Kementrian Kesehatan RI, 2021) serta adanya pembangunan infrastruktur pada kawasan hutan (DPRD, 2022).

Pemetaan hasil model GWR dengan pembobot *Adaptive Bisquare* juga berdasarkan variabel yang relevan. Berikut hasil pemetaan yang dipaparkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.18 Hasil GWR *Adaptive Bisquare* Pada Setiap Wilayah

Kabupaten/Kota	Variabel Signifikan
Kabupaten Balangan	x_2
Kabupaten Banjar	-
Kota Banjarbaru	-
Kota Banjarmasin	-
Kabupaten Barito Kuala	-
Kabupaten Hulu Sungai Selatan	x_2
Kabupaten Hulu Sungai Tengah	x_2
Kabupaten Hulu Sungai Utara	x_2
Kabupaten Kotabaru	—
Kabupaten Tabalong	x_2
Kabupaten Tanah Bumbu	-
Kabupaten Tanah Laut	-
Kabupaten Tapin	-

Hasil pengelompokkan wilayah pada Tabel 4.18 terdapat 5 wilayah Kabupaten yang secara relevan dipengaruhi oleh variabel curah hujan antara lain

Kabupaten Balangan, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Hulu Sungai Utara dan Kabupaten Tabalong. Sedangkan, untuk 8 wilayah Kabupaten/Kota tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Maka dari hasil tersebut terdapat 2 kelompok yang dapat divisualisasikan dalam peta tematik. Berikut hasil visualisasi yang akan ditampilkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Pemetaan GWR Adaptive Bisquare

Pemetaan pada Gambar 4.7, hasil peta tematik menggambarkan daerah mana saja yang kejadian banjirnya dipengaruhi oleh curah hujan. Kejadian banjir di Kabupaten Hulu Sungai Selatan yang secara signifikan dipengaruhi oleh curah hujan, hal tersebut dikarenakan curah hujan di Kabupaten Hulu Sungai Selatan termasuk tinggi sehingga turunnya hujan dengan intensitas tinggi pula serta disebabkan adanya kiriman air dari hulu sungai Amadit (Jati, 2021).

4.5. Pengujian Variabilitas Spasial

Pembentukan model menggunakan GWR tidak menutup kemungkinan bahwa dari beberapa koefisien pada model GWR tidak terdeteksi adanya pengaruh lokasi atau tidak mempunyai keragaman spasial serta bisa diasumsikan koefisien berpengaruh tetap disemua lokasi observasi. Dengan adanya kemungkinan tersebut perlu dilakukan pengujian variabilitas spasial guna melihat koefisien mana saja yang berpengaruh secara nyata terhadap suatu lokasi atau berpengaruh secara konstan pada seluruh lokasi observasi. Pengujian variabilitas spasial menggunakan statistik uji pada persamaan 2.29 , berikut hasil dari pengujian variabilitas spasial untuk model GWR *Adaptive Gaussian* dengan beracuan pada hipotesis berikut.

$H_0 : \beta_k(u_1, v_1) = \beta_k(u_2, v_2) = \dots = \beta_k(u_n, v_n); k = 0, 1, 2, \dots, p$ (variabel independen antara satu lokasi dengan lokasi lain tidak memiliki perbedaan signifikan)

$H_1 : \exists \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k(u_n, v_n); i = 1, 2, \dots, n$ (variabel independen antara satu lokasi dengan lokasi lain memiliki perbedaan signifikan)

Tabel 4.19 Uji Variabilitas Spasial GWR *Adaptive Gaussian*

Koefisien	df_1	df_2	F_s	$F_{\alpha;df_1;df_2}$	p -value
$\beta_0(u_i, v_i)$	5,84494	4,2474	8,97017	5,793239	0,02262
$\beta_1(u_i, v_i)$	3,40418	4,2474	0,90104	6,122872	0,52232
$\beta_2(u_i, v_i)$	5,69521	4,2474	11,14407	5,8062868	0,01509
$\beta_3(u_i, v_i)$	8,20668	4,2474	1,04996	5,645273	0,47285
$\beta_4(u_i, v_i)$	3,72527	4,2474	10,09491	6,058908	0,01702

Hasil analisis pada Tabel 4.19 diperoleh nilai dari pengujian variabilitas spasial pada koefisien model GWR *Adaptive Gaussian*. Hasil uji F_s pada setiap koefisien akan dibandingkan dengan nilai $F_{\alpha;df_1;df_2}$ ketika nilai $F_s > F_{\alpha;df_1;df_2}$ maka koefisien berpengaruh secara nyata atau memiliki pengaruh lokasi. Sebaliknya, jika nilai $F_s < F_{\alpha;df_1;df_2}$ atau p -value lebih dari nilai signifikansi maka koefisien tersebut tidak mempunyai pengaruh lokasi secara nyata atau dapat dikatakan berpengaruh secara global.

Pengambilan keputusan hasil variabilitas spasial untuk GWR *Adaptive Gaussian* yaitu tolak H_0 atau terdapat variabel independen yang memiliki perbedaan signifikan antar wilayah satu dengan lainnya. Variabel yang bersifat lokal yaitu variabel curah hujan (x_2) dan luas hutan (x_4) dikarenakan nilai F_s yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan $F_{\alpha;df_1;df_2}$ dan nilai p -value kurang dari 0,05. Koefisien dari variabel kepadatan penduduk (x_1) dan luas permukiman (x_3) diasumsikan sebagai variabel global atau variabel yang tidak berpengaruh secara nyata pada lokasi.

Pemeriksaan variabilitas spasial pada koefisien model GWR *Adaptive Bisquare* juga didasarkan pada hasil statistik uji pada persamaan 2.29. Hasil pengujian variabilitas spasial model GWR *Adaptive Bisquare* dengan beracuan pada hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_k(u_1, v_1) = \beta_k(u_2, v_2) = \dots = \beta_k(u_n, v_n); k = 0, 1, 2, \dots, p \text{ (variabel)}$$

independen antara satu lokasi dengan lokasi lain tidak memiliki perbedaan signifikan)

$H_1 : \exists \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k(u_n, v_n); i = 1, 2, \dots, n$ (variabel independen antara satu lokasi dengan lokasi lain memiliki perbedaan signifikan)

Tabel 4.20 Uji Variabilitas Spasial GWR Adaptive Bisquare

Koefisien	df_1	df_2	F_s	$F_{\alpha;df_1;df_2}$	p -value
$\beta_0(u_i, v_i)$	5,93881	4,6975	1,59967	5,241515	0,3185
$\beta_1(u_i, v_i)$	2,67016	4,6975	1,85399	5,787128	0,2596
$\beta_2(u_i, v_i)$	4,84431	4,6975	2,50458	5,353271	0,1762
$\beta_3(u_i, v_i)$	6,33888	4,6975	0,90361	5,209236	0,5621
$\beta_4(u_i, v_i)$	4,82185	4,6975	1,66102	5,356022	0,3022

Hasil analisis pada Tabel 4.20 menunjukkan nilai F_s pada pengujian variabilitas spasial koefisien model GWR *Adaptive Bisquare* yang akan dibandingkan dengan $F_{\alpha;df_1;df_2}$. Jika dilihat dari hasil pengujian nilai F_s untuk semua variabel kurang dari nilai $F_{\alpha;df_1;df_2}$ atau nilai p -value lebih dari 0,05. Dengan demikian, dapat ditarik kesimpulan bahwa terima H_0 atau model GWR *Adaptive Bisquare* tidak ada variabel yang mempunyai pengaruh lokasi secara nyata, sehingga dapat diasumsikan bahwa variabel bersifat global.

Hasil yang diperoleh dari pengujian variabilitas spasial bahwa koefisien pada model GWR *Adaptive Gaussian* saja yang terdeteksi memiliki variabel lokal dan variabel global. Dengan demikian, model GWR dengan pembobot *Adaptive Gaussian* dapat diproses untuk dimodelkan dengan metode *Mixed Geographically Weighted Regression*(MGWR).

4.6. Model *Mixed Geographically Weighted Regression*

Pada pengujian variabilitas spasial telah didapatkan koefisien mana saja yang mempunyai pengaruh lokal dan koefisien yang memiliki pengaruh global.

Terdapat dua koefisien yang mempunyai pengaruh lokal yaitu curah hujan dan luas hutan, sedangkan dua koefisien yang berpengaruh secara global yaitu kepadatan penduduk dan luas permukiman. Adanya koefisien bersifat lokal dan global maka perlu dilakukan pemodelan menggunakan MGWR. Berikut tahapan yang dilakukan untuk memodelkan kejadian banjir menggunakan MGWR.

4.6.1. Penaksiran Parameter Model MGWR

Penaksiran parameter model MGWR dilakukan secara dua tahap bahwa tahap pertama yaitu menaksirkan parameter global selanjutnya baru menaksirkan parameter lokal. Dalam menaksirkan parameter global menggunakan metode *Ordinary Least Square* sesuai pada persamaan 2.37 sedangkan untuk menaksirkan parameter lokal menggunakan *Weighted Least Square* sesuai pada persamaan 2.38. Berikut hasil dari penaksiran parameter global pada model MGWR.

Tabel 4.21 Hasil Penaksiran Parameter Global

Parameter	Nilai
β_1	0,002916
β_3	0,055787

Hasil penaksiran parameter global pada Tabel 4.21 yaitu kepadatan penduduk dan luas permukiman. Koefisien pada kepadatan penduduk memiliki nilai yang positif sebesar 0,002916 dengan artian bahwa kepadatan penduduk berdampak positif pada kejadian banjir. Pertambahan kepadatan penduduk memang memicu bertambahnya frekuensi banjir karena pertumbuhan penduduk menyebabkan perluasan lahan permukiman yang signifikan maupun pengurangan lahan pertanian yang cepat sehingga berdampak besar pada dinamika banjir (Rahman et al., 2021).

Variabel luas permukiman memiliki nilai koefisien positif pula sebesar

0,055787, bahwa faktor luas permukiman juga berpengaruh positif atas bertambahnya frekuensi kejadian banjir. Bertambahnya bangunan permukiman yang tidak sesuai dengan kriteria akan menyebabkan berubahnya sistem ekologi maupun hidrologi serta terganggunya sistem drainase (Yin et al., 2016). Berikut hasil dari penaksiran variabel lokal yang dipaparkan pada tabel 4.22 berikut.

Tabel 4.22 Hasil Penaksiran Parameter Lokal

Kabupaten/Kota	β_0	β_2	β_4
Kabupaten Balangan	0,001555653	0,1035027848	-0,0003047981
Kabupaten Banjar	$2,399987 \times 10^{-6}$	$2,126705 \times 10^{-3}$	$5,153477 \times 10^{-5}$
Kota Banjarbaru	$1,218328 \times 10^{-5}$	$8,799135 \times 10^{-3}$	$-2,446445 \times 10^{-4}$
Kota Banjarmasin	$-9,448189 \times 10^{-7}$	$-5,846312 \times 10^{-4}$	$2,035596 \times 10^{-3}$
Kabupaten Barito Kuala	$6,326690 \times 10^{-6}$	$4,594756 \times 10^{-3}$	$9,557459 \times 10^{-4}$
Kabupaten Hulu Sungai Selatan	$-1,568363 \times 10^{-5}$	$-9,631833 \times 10^{-3}$	$2,002192 \times 10^{-4}$
Kabupaten Hulu Sungai Tengah	-0,0002307915	-0,1886565390	0,0018372292
Kabupaten Hulu Sungai Utara	$1,468019 \times 10^{-5}$	$8,553870 \times 10^{-3}$	$-3,394986 \times 10^{-5}$
Kabupaten Kotabaru	$-3,565739 \times 10^{-11}$	$-2,717567 \times 10^{-8}$	$-1,759931 \times 10^{-5}$
Kabupaten Tabalong	0,0002424266	0,1841675780	-0,0005926734
Kabupaten Tanah Bumbu	$7,634582 \times 10^{-5}$	$5,907381 \times 10^{-2}$	$-1,088704 \times 10^{-4}$
Kabupaten Tanah Laut	$-4,234146 \times 10^{-5}$	$-3,680346 \times 10^{-2}$	$1,346684 \times 10^{-4}$
Kabupaten Tapin	$3,666494 \times 10^{-5}$	$2,251715 \times 10^{-2}$	$-4,478193 \times 10^{-4}$

Hasil analisis pada Tabel 4.22 diperoleh nilai dari penaksiran variabel lokal yaitu curah hujan dan luas hutan. Diperoleh nilai koefisien untuk variabel curah hujan dan luas hutan bervariasi, terdapat koefisien yang bernilai positif dan negatif. Seperti wilayah Kabupaten Balangan yang memiliki nilai koefisien sebesar 0,103503 pada variabel curah hujan serta koefisien sebesar -0,000305 pada variabel luas hutan.

4.6.2. Pemeriksaan Kebaikan Model MGWR

Adanya pemeriksaan kebaikan model MGWR dilakukan untuk mengetahui adanya signifikansi faktor geografis atau dapat dikatakan guna melihat adanya perbedaan dengan model regresi dan MGWR. Berikut hasil dari pengujian kebaikan model MGWR yang dipaparkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.23 Pengujian Kebaikan Model MGWR

Sumber Keragaman Residual	JKR	F_M	p -value
Regresi	4684,7999	1,3289707	0,421318
MGWR <i>Adaptive Gaussian</i>	808,7917		

Hasil pengujian kebaikan model MGWR pada Tabel 4.23 diperoleh nilai jumlah kuadrat residual dari model regresi dan model MGWR. Jika dilihat dari nilai $F_M < F_{(0,05;10,4768;4,4341)} = 4,973325$ maka dapat ditarik kesimpulan sesuai dengan hipotesis pada halaman (39) bahwa terima H_0 . Dengan artian bahwa model MGWR tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan regresi.

4.6.3. Pemeriksaan Parameter Model MGWR

Setelah mendapatkan parameter untuk model MGWR maka selanjutnya perlu dilakukan pemeriksaan parameter yang telah diperoleh. Hal tersebut bertujuan guna melihat variabel apa saja yang menjadi penyebab kejadian banjir di setiap kabupaten/kota di Kalimantan Selatan secara signifikan. Parameter global maupun parameter lokal masing-masing akan diuji parameternya. Berikut hasil pengujian parameter global yang akan dipaparkan dalam tabel 4.24.

Tabel 4.24 Pengujian Parsial Parameter Global

Variabel	T_{phit}	p -value
β_1	1,218649	0,244631
β_3	3,382372	0,004906

Hasil analisis pada Tabel 4.24 menunjukkan bahwa dari pengujian parameter global secara parsial didapatkan bahwa variabel luas permukiman merupakan faktor yang secara nyata berpengaruh pada kejadian banjir di Kalimantan Selatan. Dikarenakan nilai $|T_{phit}| > t_{(0,025;13,26174)} = 1,768264$ maka dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel global yang secara signifikan

berpengaruh terhadap kejadian banjir di Kalimantan Selatan yaitu luas permukiman. Pengujian selanjutnya yaitu uji parameter lokal secara parsial. Berikut hasil dari pengujian secara parsial pada parameter lokal.

Tabel 4.25 Pengujian Parsial Parameter Lokal

Kabupaten/Kota	$T_{qhit}(\beta_2)$	$T_{qhit}(\beta_4)$
Kabupaten Balangan	8,7372511	-5,1503931
Kabupaten Banjar	0,09913697	0,9256725
Kota Banjarbaru	0,83183904	-0,8456088
Kota Banjarmasin	-0,01814085	0,2322195
Kabupaten Barito Kuala	0,14864034	0,1126934
Kabupaten Hulu Sungai Selatan	-0,26229069	0,3222046
Kabupaten Hulu Sungai Tengah	-4,867264459	6,6095992
Kabupaten Hulu Sungai Utara	0,51424459	-0,4973051
Kabupaten Kotabaru	-1,04789482	-1,0478948
Kabupaten Tabalong	10,55734672	-7,8606061
Kabupaten Tanah Bumbu	1,92546560	-2,00039120
Kabupaten Tanah Laut	-1,80243473	-2,9978848
Kabupaten Tapin	0,36521023	-0,3777979

Hasil pengujian parameter secara parsial pada Tabel 4.25 menunjukkan beberapa wilayah yang dipengaruhi secara nyata oleh variabel luas hutan. Hal tersebut dilihat dari nilai $|T_{qhit}| > t_{(0,025;13,26174)} = 1,768264$. Wilayah pengamatan yang secara nyata dipengaruhi oleh faktor curah hujan dan luas hutan yaitu Kabupaten Balangan, Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kabupaten Tabalong, Kabupaten Tanah Bumbu dan Kabupaten Tanah Laut. Setelah dilakukan pengujian pada parameter global maupun lokal maka dapat ditentukan variabel apa saja yang secara signifikan berpengaruh pada masing-masing wilayah. Berikut hasil variabel yang signifikan pada masing-masing Kabupaten/Kota di Kalimantan Selatan.

Tabel 4.26 Hasil MGWR Pada Setiap Wilayah

Kabupaten/Kota	Variabel Signifikan
Kabupaten Balangan	x_2, x_3, x_4
Kabupaten Banjar	x_3
Kota Banjarbaru	x_3
Kota Banjarmasin	x_3
Kabupaten Barito Kuala	x_3
Kabupaten Hulu Sungai Selatan	x_3
Kabupaten Hulu Sungai Tengah	x_2, x_3, x_4
Kabupaten Hulu Sungai Utara	x_3
Kabupaten Kotabaru	x_3
Kabupaten Tabalong	x_2, x_3, x_4
Kabupaten Tanah Bumbu	x_2, x_3, x_4
Kabupaten Tanah Laut	x_2, x_3, x_4
Kabupaten Tapin	x_3

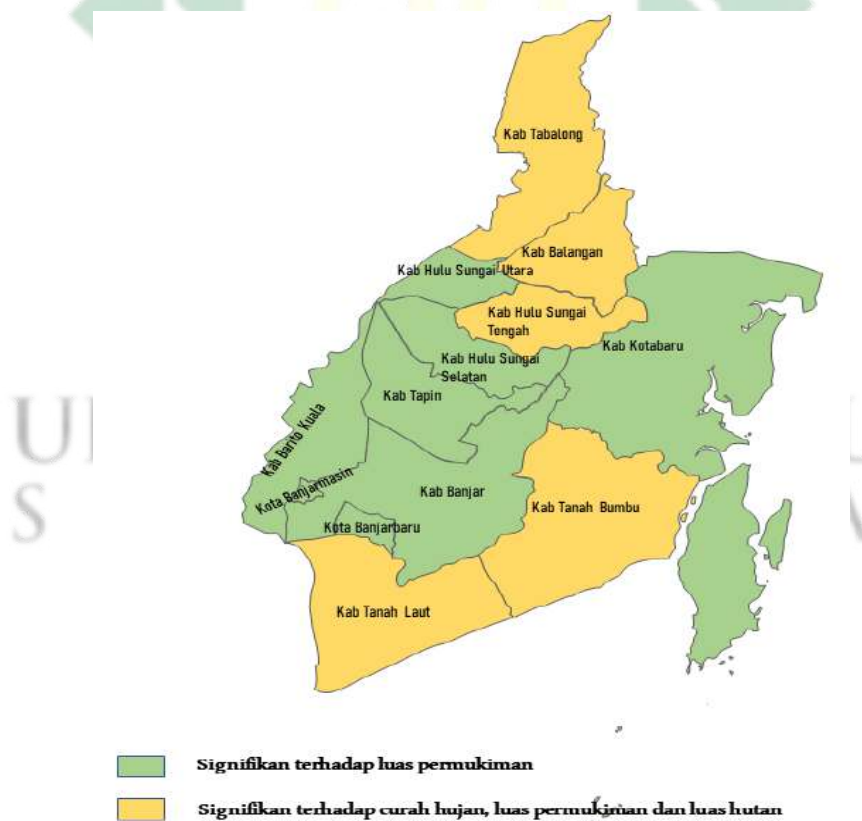
Hasil pengelompokan wilayah pada Tabel 4.26 diperoleh bahwa dari masing-masing wilayah memiliki variabel yang secara signifikan menjadi faktor pengaruh terjadinya banjir di Kalimantan Selatan. Terlihat bahwa variabel luas permukiman menjadi faktor yang signifikan di seluruh Kabupaten/Kota di Kalimantan Selatan. Maka dapat dikatakan bahwa luas permukiman menjadi salah satu pemicu terjadinya banjir sebab permintaan untuk permukiman semakin tinggi seiring dengan bertumbuhnya penduduk di Kalimantan Selatan. Hal tersebut akan menyebabkan wilayah yang tidak layak digunakan untuk permukiman tetapi tetap didirikan sebuah bangunan untuk tempat tinggal yang akan menciptakan kondisi permukiman kumuh sehingga banyak sampah serta terganggunya sistem drainase.

Pengelompokan wilayah Kabupaten/Kota dapat didasarkan pada pengaruh atau variabel signifikan yang sama. Diperoleh terdapat 2 kelompok yaitu wilayah yang secara signifikan dipengaruhi oleh luas permukiman dan wilayah yang secara signifikan dipengaruhi oleh luas permukiman dan hutan. Berikut hasil pengelompokan yang disajikan dalam tabel 4.27.

Tabel 4.27 Pengelompokan Wilayah

Wilayah	Variabel Signifikan
Kab. Banjar, Kota Banjarbaru, Kota Banjarmasin Kab. Barito Kuala, Kab. Hulu Sungai Selatan, Kab. Kotabaru Kab. Tapin, Kab. Hulu Sungai Utara	x_3
Kab. Balangan, Kab. Hulu Sungai Tengah, Kab. Tabalong Kab. Tanah Bumbu, Kab. Tanah Laut	x_2, x_3, x_4

Berdasarkan Tabel 4.27 bahwa terdapat 8 wilayah pengamatan yang secara relevan dipengaruhi oleh luas permukiman. Sedangkan, untuk 5 Kabupaten/Kota secara relevan dipengaruhi oleh curah hujan, luas permukiman dan luas hutan. Dari hasil pengelompokan diatas dapat ditampilkan secara visual melalui peta tematik berikut.



Gambar 4.8 Hasil Pemetaan MGWR

Berdasarkan Gambar 4.8, hasil peta tematik dari model MGWR untuk kejadian banjir di Kalimantan Selatan menunjukkan daerah mana saja yang dipengaruhi oleh curah hujan, luas hutan maupun luas permukiman. Kejadian banjir di Kabupaten Tanah Bumbu yang secara signifikan dipengaruhi oleh curah hujan, luas hutan dan luas permukiman. Memang curah hujan di wilayah Kabupaten Tanah Bumbu tergolong tinggi yang menyebabkan intensitas turun hujan tinggi pula, sehingga berdampak pada meluapnya beberapa sungai di wilayah Kabupaten Tanah Bumbu seperti sungai Loban (Hasanah, 2022). Selain itu, kerusakan hutan dan lahan di Kabupaten Tanah Bumbu semakin meningkat. Kerusakan hutan dan lahan ini disebabkan oleh alih fungsi lahan hutan untuk ekspansi permukiman, pertambangan, transmigrasi, perkebunan, pertanian serta terjadinya kebakaran hutan.

4.7. Penentuan Koefisien Determinasi Model

Hasil pemodelan dengan metode regresi, *Geographically Weighted Regression* dan *Mixed Geographically Weighted Regression* diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebagai berikut.

Tabel 4.28 Nilai Koefisien Determinasi Setiap Model

Model	R^2
Regresi	0,3616
<i>GWR Adaptive Gaussian</i>	0,9562
<i>GWR Adaptive Bisquare</i>	0,812
<i>MGWR Adaptive Gaussian</i>	0,8857

Hasil analisis pada Tabel 4.28 menunjukkan nilai koefisien determinasi pada masing-masing metode. Hasil penelitian menunjukkan nilai R^2 *GWR Adaptive Gaussian* lebih besar dibandingkan dengan metode *MGWR Adaptive Gaussian* maupun regresi yaitu 0,9562. Sehingga metode *GWR Adaptive*

Gaussian lebih baik dalam memodelkan kasus bencana banjir di Kalimantan Selatan. Karena setiap daerah (variabel independen) dimodelkan berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya suatu kasus secara lebih spesifik. Sedangkan, pada metode MGWR memiliki nilai R^2 yang lebih rendah karena model yang dihasilkan merupakan rata-rata dari keseluruhan variabel dependen yang dominan berpengaruh terhadap variabel independen yang menjadi hasil akhir dari model, sementara ada beberapa daerah yang mungkin tidak mengalami kasus banjir menjadi teridentifikasi juga mengalami kasus yang sama (dianggap mengalami kasus banjir).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian (Purhadi and Yasin, 2012) mengenai presentase rumah tangga miskin di Mojokerto menggunakan metode GWR dan MGWR. Hasil penelitian tersebut mendapatkan nilai R^2 terbesar pada model GWR yaitu sebesar 78,24% dan model MGWR sebesar 66,95%. Penelitian lain oleh (Pongoh et al., 2015) terkait penyebab rendahnya status kesejahteraan di Provinsi Sulawesi Utara, dalam penelitian tersebut menjelaskan bahwa metode GWR dengan pembobot *Adaptive Bisquare* memiliki nilai R^2 sebesar 99,4% dibandingkan dengan metode regresi maupun MGWR, dimana metode MGWR memiliki nilai R^2 sebesar 99,3%. Meskipun metode GWR lebih baik daripada metode MGWR, namun metode MGWR ini memiliki benefit dalam menggambarkan kondisi suatu daerah secara keseluruhan berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan.

4.8. Relevansi Hasil Penelitian dengan Islam

Setelah diperoleh hasil memodelkan kejadian bencana banjir dimana model yang didapatkan memiliki perbedaan untuk masing-masing Kabupaten/Kota di Kalimantan Selatan. Hal tersebut menyebabkan faktor-faktor yang secara relevan

berpengaruh untuk masing-masing wilayah pengamatan juga berbeda. Meskipun kejadian bencana alam tidak terlepas atas izin Allah, namun bencana alam dapat juga terjadi dikarenakan ulah tangan manusia. Pernyataan tersebut sesuai dengan firman Allah dalam surah Ar-Rum ayat 41.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya : Telah nampak kerusakan di darat dan laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Dari ayat tersebut dipaparkan bahwa kejadian bencana alam seperti banjir tidak semata atas izin Allah namun juga disebabkan oleh ulah manusia yang ceroboh dan tidak menjaga alam dengan sebaik mungkin. Ulah tangan manusia yang merusak alam seperti pengalihan fungsi lahan hutan sebagai lahan permukiman mengakibatkan Allah murka sehingga diturunkannya bencana alam seperti banjir dengan tujuan agar manusia mampu berfikir dan menyadari kesalahan yang telah dilakukan.

Pada dasarnya manusia diciptakan di muka bumi ini memiliki kewajiban untuk menjaga alam dengan sebaik mungkin. Manusia yang berkewajiban menjaga alam, melestarikan alam serta dilarang merusak alam bersesuaian dengan sabda Rasulullah SAW berikut.

عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عَمْرٍو بْنِ الْعَاصِ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ لَا يَغْرَسُ مُسْلِمٌ غَرْسًا وَلَا يَزْرَعُ زَرْعًا فَيَأْكُلُ مِنْهُ إِنْسَانٌ وَلَا طَائِرٌ وَلَا شَيْءٌ إِلَّا كَانَ لَهُ أَجْرٌ رَوَاهُ الطَّبْرَانِيُّ

Artinya : Dari sahabat Abdullah bin Amr bin Ash ra, Rasulullah SAW bersabda,

“Tiada seorang muslim yang menanam pohon atau menebar bibit tanaman, lalu (hasilnya) dimakan oleh manusia, burung, atau apapun itu, melainkan ia akan bernilai pahala bagi penanamnya” (HR. At-Thabarani).

Berdasarkan hadis riwayat At-Thabarani bahwa menjaga dan melestarikan lingkungan dapat melalui menanam pohon atau bibit tanaman. Kegiatan menanam pohon dapat menjadi salah satu cara bagi instansi terkait di Kalimantan Selatan guna menambah daerah resapan air maupun mengurangi pemanasan global. Kegiatan menanam pohon sudah sama halnya dengan reboisasi atau penghijauan kembali yang memiliki manfaat dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Melakukan penanaman pohon maka akan memberikan berkah kepada sesama manusia, binatang maupun makhluk hidup lainnya sehingga kita akan mendapatkan pahala. Kegiatan menanam pohon merupakan salah satu perbuatan baik yang memberikan keberuntungan baik di dunia maupun di akhirat.

Selain firman Allah serta hadis diatas, terdapat kaidah fiqh yang berkaitan dengan menjaga alam. Kaidah fiqh tersebut mengenai lebih baik menghilangkan kemudharatan yang tertulis berikut ini.

UIN SUNAN دَرءُ الْمَفَاسِدِ أَوْلَى مِنْ جَلْبِ الْمَصَالِحِ
S U R A B A Y A

Artinya : Menghilangkan kemudharatan itu lebih didahulukan daripada mengambil sebuah kemaslahatan.

Kaidah fiqh tersebut memiliki makna yaitu ketika dalam suatu perilaku terdapat manfaat dan kerusakan sekaligus, maka sikap yang harus diutamakan adalah menghilangkan kerusakan. Dengan kata lain, kita masih memiliki kemampuan untuk melakukan perbuatan atau sikap yang bermanfaat seperti menjaga lingkungan daripada merusak lingkungan. Jika kita tidak menghilangkan

kerusakan akan menimbulkan dampak yang sangat fatal bagi kehidupan manusia seperti terjadinya bencana alam. Pesan dari kaidah fiqih tersebut dapat diterapkan oleh pemerintahan Kalimantan Selatan guna mengurangi kejadian banjir, salah satunya yaitu merencanakan pembangunan maupun infrastruktur dengan memperhatikan dampak sosial maupun lingkungan.

Berdasarkan firman Allah, hadis serta kaidah fiqih yang telah dipaparkan bisa diambil kesimpulan bahwa manusia diciptakan di alam sebagai penjaga kelestarian alam bukan perusak alam. Jika umat manusia tidak melaksanakan salah satu kewajibannya yaitu menjaga alam maka akan menimbulkan suatu bencana seperti banjir. Diturunkannya bencana seperti banjir merupakan teguran atau peringatan dari Allah untuk kita agar kembali ke jalan yang benar.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil beserta pembahasan yang dapat ditarik kesimpulan oleh penulis setelah menyelesaikan penulisan skripsi ini antara lain :

1. Model *Mixed Geographically Weighted Regression* yang diperoleh yaitu dengan pembobot *Adaptive Gaussian*. Sebagai contoh diambil salah satu wilayah pengamatan yaitu Kabupaten Tabalong pada pengamatan ke-10 seperti berikut :

$$Y_{10} = 0,000242 + 0,002916x_1 + 0,184167x_2 + 0,055787x_3 - 0,000592x_4$$

Berdasarkan model MGWR tersebut memiliki koefisien bernilai positif untuk variabel kepadatan penduduk (x_1), curah hujan (x_2) dan luas permukiman (x_3). Sedangkan, untuk variabel luas hutan (x_4) memiliki koefisien bernilai negatif.

2. Faktor yang berpengaruh atas kejadian banjir pada setiap Kabupaten/Kota di Kalimantan Selatan berbeda. Bahwa terdapat 8 wilayah yaitu Kabupaten Banjar, Kota Banjarbaru, Kota Banjarmasin, Kabupaten Barito Kuala, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kabupaten Kotabaru dan Kabupaten Tapin terjadinya banjir disebabkan oleh luas permukiman (x_3). Kejadian banjir di wilayah lainnya seperti Kabupaten

Balangan, Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kabupaten Tabalong, Kabupaten Tanah Bumbu dan Kabupaten Tanah Laut dipengaruhi oleh curah hujan (x_2), luas permukiman (x_3) dan luas hutan (x_4).

3. Hasil pemetaan yang diperoleh dari model *Mixed Geographically Weighted Regression* pada kasus banjir di Kalimantan Selatan dapat dilihat pada Gambar (4.8). Untuk warna hijau merepresentasikan bahwa wilayah tersebut dipengaruhi oleh luas permukiman. Sedangkan, untuk warna kuning wilayah tersebut dipengaruhi oleh curah hujan, luas permukiman dan luas hutan.

5.2. Saran

Sesudah mengetahui hasil dari model kejadian banjir di Kalimantan Selatan menggunakan metode MGWR dengan pembobot *Adaptive Gaussian*, maka penulis hendak memberikan beberapa saran antara lain :

1. Pada penelitian selanjutnya bisa menambahkan variabel bebas lain yang memiliki indikasi atau pengaruh atas terjadinya banjir.
2. Penelitian selanjutnya dapat memperluas data yang digunakan seperti mengambil data kejadian banjir di seluruh Indonesia untuk mengetahui faktor yang berpengaruh dan sebagai acuan dalam upaya mitigasi bencana banjir di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, S., Balqis, I. H. N., Soetanto, C. Z. N., and Ohlyver, M. (2023). Cochrane orcutt method to overcome autocorrelation in modeling factors affecting the number of hotel visitors in Indonesia. *Procedia Computer Science*, 216(2022):630–638.
- Alpisah (2022). Analisa Banjir yang Terjadi di Daerah Barabai , Hulu Sungai Tengah , Kalimantan Selatan. *Seri Publikasi Pembelajaran*, 1(1):1–10.
- Anandasari, I. E. and Hasahan, B. I. (2022). *Kota Banjarmasin Dalam Angka 2022*.
- Anselin, L. and Bera, A. (1998). *Spatial Dependence in linear Regression Models with an Introduction to Spatial Econometrics*.
- Apriyani, N. F., Yuniarti, D., Memi, D., and Hayati, N. (2018). The Model of Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) (Case Study: The Number of Diarrhea Sufferers in East Kalimantan Province on 2015). *Jurnal Eksponensial*, 9(1):59–66.
- Aryana, I. W. P. S. (2021). Kebijakan Hukum Pidana Dalam Perlindungan Hutan. *Yustitia*, 15(2):37–44.
- Atluri, G., Karpatne, A., and Kumar, V. (2018). Spatio-temporal data mining: A survey of problems and methods. *ACM Computing Surveys*, 51(4).
- Bera, A. K. and Kangalli Uyar, S. G. (2019). Local and global determinants of office rents in Istanbul. *Journal of European Real Estate Research*, 12(2):227–249.

- BMKG (2019). Buletin Iklim Kalimantan Selatan. Januari 20 edition.
- BMKG (2021). Data curah hujan. <https://dataonline.bmkg.go.id/home>.
- BNPB (2020). Infografis Bencana Tahun 2020. <https://gis.bnpb.go.id/>.
- BNPB (2021). Infografis Bencana Tahun 2021. <https://gis.bnpb.go.id/>.
- BPBD (2020). 6 Penyebab Terjadinya Banjir Bandang Perlu Diwaspadai. <https://bpbd.bogorkab.go.id/6-penyebab-terjadinya-banjir-bandang-perlu-diwaspadai/>.
- BPBD (2022). Rekapitulasi Banjir Menurut Kabupaten/Kota. <https://data.kalselprov.go.id/dataset/data/1042>.
- BPS Kalimantan Selatan (2022). *Provinsi Kalimantan Selatan Dalam Angka 2022*.
- Brunsdon, C., Fotheringham, A., and Charlton, M. E. (1996). Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Nonstationarity. *Geographically Analysisi*, 28(4):281–298.
- Chairunisah, N. and Cahyana, I. N. (2019). Sistem Perolehan Tanah Untuk Pembangunan Perumahan Cluster Taman Cibodas Indah Berdasarkan Hukum Tanah Nasional Indonesia. *Reformasi Hukum Trisakti*, 1(1).
- Chen, F. and Mei, C. L. (2021). Scale-adaptive estimation of mixed geographically weighted regression models. *Economic Modelling*, 94(September 2019):737–747.
- Chicco, D., Warrens, M. J., and Jurman, G. (2021). The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ Computer Science*, 7:1–24.

- Costa, A. D., Mononimbar, W., and Takumansang, E. D. (2019). Analisis Kesesuaian Lahan Permukiman Kabupaten Sorong. *Jurnal Spasial*, 6(3):692–702.
- Darsyah, M. (2021). Pemodelan geographically weighted negative binomial regression (GWNBR) pada kasus malaria di Indonesia. *Jurnal Litbang Edusaintech(JLE)*, 2(2):1–15.
- DPRD, H. (2022). Bahas Isu Kawasan Hutan, Komisi III DPRD Balangan Kunjungi Dinas Kehutanan Kalsel. <https://www.dprd-balangankab.go.id/index.php/berita/detail/332>.
- Fauzi, A. I., Harto, A. B., Hakim, D. M., and Perdana, R. S. (2019). Analisis Degradasi Penutup Hutan Di Perkotaan Menggunakan Model Forest Canopy Density Studi Kasus : Kota Bandar Lampung. *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*, 3(2):107.
- Feng, B., Zhang, Y., and Bourke, R. (2021). Urbanization impacts on flood risks based on urban growth data and coupled flood models. *Natural Hazards*, 106(1):613–627.
- Fofana, M., Adoukpe, J., Larbi, I., Hounkpe, J., Djan'na Koubodana, H., Toure, A., Bokar, H., Dotse, S. Q., and Limantol, A. M. (2022). Urban flash flood and extreme rainfall events trend analysis in Bamako, Mali. *Environmental Challenges*, 6(August 2021):0–8.
- Franch-pardo, I., Barea-navarro, I., and Sturdivant, E. (2022). Spatial analysis tools to address the geographic dimension of COVID-19. In *Sensing Tools and Techniques for COVID-19*, pages 209–231. Elsevier Ltd., first edit edition.

- Gertz, A. B., Davies, J. B., and Black, S. L. (2019). A CGE Framework for Modeling the Economics of Flooding and Recovery in a Major Urban Area. *Risk Analysis*, 39(6):1314–1341.
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Gujarati, D. N. (1991). *Basic Econometrics.*, volume 82. McGraw-Hill, New York, 4 edition.
- Hadi, H., Agustina, S., and Subhani, A. (2019). Penguatan Kesiapsiagaan Stakeholder dalam Pengurangan Risiko Bencana Alam Gempabumi. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, 3(1):30.
- Hasanah, N. (2022). Bencana Banjir di Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan, Merendam Rumah di Empat Desa di Kecamatan Kusan Hulu yang disebabkan Oleh Curah Hujan yang Tinggi Sehingga Memicu Banjir. *Seri Publikasi Pembelajaran*, 1(1):1–10.
- Herawati, H., Suripin, and Suharyanto (2015). Impact of climate change on streamflow in the tropical Lowland of Kapuas River, West Borneo, Indonesia. *Procedia Engineering*, 125:185–192.
- Hida, I. M., Sukmono, A., and Firdaus, H. S. (2020). Analisis Kerentanan Sosial Dan Pengaruhnya Terhadap Masalah Sosial Dengan Geographically Weighted Regression (Gwr) (Studi Kasus:Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip Januari*, (9):237–246.
- Idati, L. O. M. A., Magribi, L. O. M., and Lakawa, I. (2020). Analisis Banjir,

- Faktor Penyebab Dan Prioritas Penanganan Sungai Anduonuhu. *Sultra Civil Engineering Journal*, 1(2):54–71.
- Jati, R. (2021). BPBD Hulu Sungai Selatan Lakukan Penanganan Darurat Banjir. <https://bnpb.go.id/berita/bpbd-hulu-sungai-selatan-lakukan-penanganan-darurat-banjir>.
- Josephus, B. O., Nawir, A. H., Wijaya, E., Moniaga, J. V., and Ohhyver, M. (2021). Predict Mortality in Patients Infected with COVID-19 Virus Based on Observed Characteristics of the Patient using Logistic Regression. *Procedia Computer Science*, 179(2019):871–877.
- Kamila, I., Ramadhan, A., and Irwandi, E. (2018). Implementasi Algoritma Markov Chains untuk Prediksi Kejadian Bencana Alam di Provinsi Riau. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI-10)*, (November):151–157.
- Kasnar, S., Hasan, M., Arfin, L., and Sejati, A. E. (2019). Kesesuaian pemetaan daerah potensi rawan banjir metode overlay dengan kondisi sebenarnya di kota kendari. *Tunas Geografi*, 8(2):85.
- Kementrian Kesehatan RI (2021). Kebakaran Hutan dan Lahan di Kabupaten Balangan Kalimantan Selatan. <https://tinyurl.com/Kebakaran-Hutan>.
- Krisdiyanto, D. (2021). Analisis Pemahaman Dan Kesiapsiagaan Individu/Rumah Tangga Menghadapi Bencana Tanah Longsor Di Kecamatan Kokap Kabupaten Kulon Progo Diy. *Aplikasia: Jurnal Aplikasi Ilmu-ilmu Agama*, 20(2):159–181.
- Kusnandar, D., Debataraja, N. N., and Fitriani, S. (2021). Pemodelan Sebaran

- Total Dissolved Solid Menggunakan Metode Mixed Geographically Weighted Regression. *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, 13(1):9–16.
- LAPAN (2021). Informasi Genangan Banjir Berbasis Data Satelit Penginderaan Jauh 13 Januari 2021. <https://www.instagram.com/p/CKJF8z5l0Qf/> Peraturan.
- Lee, S. I., Lee, J., and Hwang, B. (2019). Microstructure-based prediction of yield ratio and uniform elongation in high-strength bainitic steels using multiple linear regression analysis. *Materials Science and Engineering A*, 758(March):56–59.
- Lestari, I. and Hirawati, H. (2021). Analisis Sistem Klaim Jaminan Hari Tua (Jht) Pada Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (Bpjs) Ketenagakerjaan Cabang Cilacap. 7(1):74–79.
- Lewandowska, K. G. (2018). Geographically weighted regression in the analysis of unemployment in Poland. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(1).
- Lin, J. M. and Billa, L. (2021). Spatial Prediction of Flood-Prone Areas Using Geographically Weighted Regression. *Environmental Advances*, 6:100118.
- Liu, Y., Zhao, Q., Li, Z., Yao, Y., and Li, X. (2022). GNSS-derived PWV and meteorological data for short-term rainfall forecast based on support vector machine. *Advances in Space Research*, 70(4):992–1003.
- Lusi, I., Suwarni, N., Miswar, D., and Jaya, M. B. (2020). Spatial Based Landslide Modeling. *La Geografia*, 19(1):16–27.
- Mardiatmoko, G. (2020). Pentingnya Uji Asumsi Klasik Pada Analisis Regresi Linier Berganda. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 14(3):333–342.

- Maryati, S., Eraku, S., and Kasim, M. (2019). Perceptions and adaptation strategies of the community against flood risk at the estuary riverbank of Bone River, Gorontalo Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 235(1).
- Maulidah, T. A. (2018). Reinterpretasi Relasi Tuhan dan Manusia Syed Muhammad Naquib Al-Attas. *Islamika Inside: Jurnal Keislaman dan Humaniora*, 4(1):74–95.
- Meira, L. F. D. and Philips, W. (2019). An economic analysis of flooding in the Caribbean The case of Jamaica and Trinidad and Tobago. *ECLAC Studies and Perspectives series*, 76:1–54.
- Michiani, M. V. and Asano, J. (2019). Physical upgrading plan for slum riverside settlement in traditional area: A case study in Kuin Utara, Banjarmasin, Indonesia. *Frontiers of Architectural Research*, 8(3):378–395.
- Muflih, M. M. (2022). Analisis Dan Rancangan Sistem Informasi Manajemen Kebencanaan Wilayah Kalimantan Selatan. *Technologia : Jurnal Ilmiah*, 13(1):83.
- Muhari, A. (2021). Banjir Kabupaten Balangan, Tiga Desa di Kecamatan Batu Mandi Terdampak. <https://www.bnpb.go.id/berita/banjir-kabupaten-balangan-tiga-desa-di-kecamatan-batu-mandi-terdampak>.
- Mulyana, R. N. (2021). Arutmin Sebut Pembukaan Lahan Besar-besaran Dapat Menjadi Penyebab Banjir di Kalsel. <https://industri.kontan.co.id/news/arutmin-sebut-pembukaan-lahan-besar-besaran-dapat-menjadi-penyebab-banjir-di-kalsel>.
- Muryanto, T. D., Farida, Y., Ulinuha, N., Khaulasari, H., and Yuliati, D.

- (2022). Pengaruh Investasi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Jawa Timur. *Jurnal Matematika Integratif*, 18(2):157.
- Narulita, I. and Ningrum, W. (2018). Extreme flood event analysis in Indonesia based on rainfall intensity and recharge capacity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118(1).
- Ningsih, S. and Dukalang, H. H. (2019). Penerapan Metode Suksesif Interval pada Analisis Regresi Linier Berganda. *Jambura Journal of Mathematics*, 1(1):43–53.
- Nisa, R. F., Sugito, S., and Hakim, A. R. (2022). Pemodelan Mixed Geographically Weighted Regression dengan Adaptive Bandwidth untuk Angka Harapan Hidup (Studi Kasus: Angka Harapan Hidup di Jawa Tengah). *Jurnal Gaussian*, 11(1):67–76.
- Noer Dwi, A. A., Fithria, A., and Kissinger, K. (2021). Strategi Pengembangan Hutan Mangrove Di Kecamatan Jorong Kabupaten Tanah Laut Kabupaten Kalimantan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis*, 9(1):88.
- Nugraheni, I. L., Suyatna, A., Setiawan, A., and Abdurrahman (2022). Flood disaster mitigation modeling through participation community based on the land conversion and disaster resilience. *Heliyon*, 8(8):e09889.
- Oshan, T. M., Li, Z., Kang, W., Wolf, L. J., and Stewart Fotheringham, A. (2019). MGWR: A python implementation of multiscale geographically weighted regression for investigating process spatial heterogeneity and scale. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(6).
- Pongoh, F., IM, S., and MN, A. (2015). Geographical Weighted Regression and

- Mix Geographical Weighted Regression. *International Journal of Statistics and Application*, 5(1):1–4.
- Prayetno, E. (2018). Kajian Al-Qur'an dan Sains Tentang Kerusakan Lingkungan. *Al-Dzikra*, 12(1):1–20.
- Priagung, A. (2021). Analisis Pelanggaran Hukum Lingkungan yang Menyebabkan Banjir Kalimantan Selatan Januari 2021. *Al Qisthas*, 13(1):63–76.
- Prihartini, P., Aini, M., Sya'diah, N., and Tazkianida, R. F. (2021). Model Pelayanan Pekerja Sosial Terhadap Korban Bencana Banjir Di Kota Banjar Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2021. *Jurnal Manajemen Bencana (JMB)*, 7(1):37–44.
- Purhadi and Yasin, H. (2012). Mixed geographically weighted regression model (case study: The percentage of poor households in Mojokerto 2008. *European Journal of Scientific Research*, 69(2):188–196.
- Pusparisa, Y. (2021). 2010-2020: Dekade Penuh Bencana Bagi Indonesia. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/01/19/2010-2020-dekade-penuh-bencana-bagi-indonesia>.
- Puspitarini, R. C. (2021). Perspektif Melihat Banjir Kalimantan Selatan Tahun 2021. *Jurnal Ilmu Sosial dan Politik*, 1(1):1–10.
- Puspitotanti, E. and Karmilah, M. (2022). Kajian Kerentanan Sosial Terhadap Bencana Banjir. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(2):177.
- Putra, R. Z., Bagenda, C., and Saleh, Linda Fatmawati, E. (2022). *Hukum Kehutanan*. Media Sains Indonesia, Jawa Barat.

- Putraditama, A., Kim, Y. S., and Sánchez Meador, A. J. (2019). Community forest management and forest cover change in Lampung, Indonesia. *Forest Policy and Economics*, 106(July):101976.
- Rahman, M., Ningsheng, C., Mahmud, G. I., Islam, M. M., Pourghasemi, H. R., Ahmad, H., Habumugisha, J. M., Washakh, R. M. A., Alam, M., Liu, E., Han, Z., Ni, H., Shufeng, T., and Dewan, A. (2021). Flooding and its relationship with land cover change, population growth, and road density. *Geoscience Frontiers*, 12(6):101224.
- Ramadhan, R., Marzuki, M., Suryanto, W., Sholihun, S., Yusnaini, H., Muharsyah, R., and Hanif, M. (2022). Trends in rainfall and hydrometeorological disasters in new capital city of Indonesia from long-term satellite-based precipitation products. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 28:100827.
- Ramdhoni, F., Fitriani, A. H., and Afif, H. A. (2019). Identifikasi Deforestasi Melalui Pemetaan Tutupan Lahan Di Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. *Seminar Nasional Geomatika*, 3:465.
- Rencher, A. C. and Schaalje, G. B. (2001). *Linear Models in Statistics*, volume 96. John Wiley & Sons, LTD, New Jersey.
- Ridwan, M., Hidayanti, S., and Nilfatri (2021). Sumber Kerusakan Lingkungan Hidup. *Jurnal IndraTech*, 2(1):25–36.
- Rosyida, A., Nurmasari, R., and Suprpto (2019). Analisis Perbandingan Dampak Kejadian Bencana Hidrometeorologi dan Geologi di Indonesia Dilihat Dari Jumlah Korban Dan Kerusakan (Studi: Data Kejadian Bencana Indonesia 2018). *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, 10(1):12–21.

- Sari, Y., Siradjuddin, I., and Idham AP., A. (2021). Studi Perkembangan Kawasan Permukiman di Kecamatan Somba Opu Kabupaten Gowa. *Jurnal Penataan Ruang*, 16(1):32.
- Senyel Kurkcuoglu, M. A. (2023). Analysis of the energy justice in natural gas distribution with Multiscale Geographically Weighted Regression (MGWR). *Energy Reports*, 9:325–337.
- Setiawan, H. (2021). Alih Fungsi Lahan Hutan untuk Lahan Perkebunan Kelapa Sawit yang Tidak Terkontrol di Provinsi Kalimantan Selatan sebagai “ Tragedy of The Common ”. (June):1–6.
- Shabrina, Z., Buyuklieva, B., and Ng, M. K. M. (2021). Short-Term Rental Platform in the Urban Tourism Context: A Geographically Weighted Regression (GWR) and a Multiscale GWR (MGWR) Approaches. *Geographical Analysis*, 53(4):686–707.
- Shen, Y. and Tao, Y. (2022). Associations between spatial access to medical facilities and health-seeking behaviors: A mixed geographically weighted regression analysis in Shanghai, China. *Applied Geography*, 139(January):102644.
- SIMTARU (2018a). Peta Rawan Bencana Kalimantan Selatan. http://simtaru.kalselprov.go.id/assets/web/dist/file/album_peta/asli/2018-Peta-Rawan-Bencana1.jpg.
- SIMTARU (2018b). Peta Topografi Kalimantan Selatan. http://simtaru.kalselprov.go.id/assets/web/dist/file/album_peta/asli/2018-Peta-Topografi.jpg.

- Sitopu, Y. B., Sijinjak, K. A., and Marpaung, F. K. (2021). The Influence of Motivation, Work Discipline, and Compensation on Employee Performance. *Golden Ratio of Human Resource Management*, 1(2):72–83.
- Slocum, T. A., B. M., Kessler, F. C., and H. H. (2023). *Thematic Cartography and Geovisualization, Fourth Edition*. CRC Press, Francis.
- Sukirman (2022). Analisis Cloud Computing Untuk Penyimpanan Dokumen Terhadap Proses Pembelajaran Menggunakan Algoritma Regresi Linear Berganda (Studi Kasus : SMA Chandra Kusuma Jakarta Utara). *Jurnal Ilmiah Informatika*, 7(1):1–12.
- Sulaiman, M. E., Setiawan, H., Jalil, M., Purwadi, F., S, C. A., Brata, A. W., and Jufda, A. S. (2020). Analisis Penyebab Banjir di Kota Samarinda. *Jurnal Geografi Gea*, 20(1):39–43.
- Sutrisnawati, N. K. (2018). Dampak Bencana Alama Bagi Sektor Pariwisata Di Bali. *Jurnal Ilmiah Hospitality Management*, 9(1):57–66.
- Tenri Sompaa, A., Setyastuti, Y., Daryanto, Y., Piqi Adum Damara, A., Gede Kariada, I., Ilhamuddin, Yuliana, L., Ulfah, M., Jannah, R., and Andriani, R. (2021). Sosialisasi Tangguh Bencana Banjir Di Desa Sungai Tabuk, Kecamatan Simpang Empat, Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan. *Journal of Empowerment and Community Service (JECSR)*, 1(01):31–36.
- Tom, R. O., George, K. O., Joanes, A. O., and Haron, A. (2022). Review of flood modelling and models in developing cities and informal settlements: A case of Nairobi city. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 43(May 2021):101188.
- Tyas, S. W., Gunardi, and Puspitasari, L. A. (2023). Geographically weighted

generalized poisson regression model with the best kernel function in the case of the number of postpartum maternal mortality in east java. *MethodsX*, 10(January):102002.

Ulfie Safitri and Amaliana, L. (2021). Model Geographically Weighted Regression dengan Fungsi Pembobot Adaptive dan Fixed Kernel pada Kasus Kematian Ibu di Jawa Timur. *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*, 5(2):208–220.

Usman, S. and Pratiwi, I. (2021). Sistem Informasi Pemetaan Wilayah Rawan Banjir pada BPBD Kabupaten Ketapang dalam Mitigasi Bencana. *Smart Comp*, 11(4):704–713.

Wang, Z., Zhao, Y., and Zhang, F. (2022). Simulating the Spatial Heterogeneity of Housing Prices in Wuhan, China, by Regionally Geographically Weighted Regression. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(2).

Wibawa, D. T., Fithria, A., and Nisa, K. (2021). Perubahan Penutupan Lahan di DAS Tabuino, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. *Sylva Scientiae*, 04(1):59–71.

Wisudaningsi, B. A., Arofah, I., and Belang, K. A. (2019). Pengaruh Kualitas Pelayanan Dan Kualitas Produk Terhadap Kepuasan Konsumen Dengan Menggunakan Metode Analisis Regresi Linear Berganda. *Statmat : Jurnal Statistika Dan Matematika*, 1(1):103–116.

Xu, Z., Jiao, L., Lan, T., Zhou, Z., Cui, H., Li, C., Xu, G., and Liu, Y. (2021). Mapping hierarchical urban boundaries for global urban settlements. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 103:102480.

- Yasin, H., Warsito, B., and Hakim, A. R. (2018). Pemodelan Pertumbuhan Ekonomi Di Provinsi Banten Menggunakan Mixed Geographically Weighted Regression. *Media Statistika*, 11(1):53–64.
- Yin, J., Yu, D., Yin, Z., Liu, M., and He, Q. (2016). Evaluating the impact and risk of pluvial flash flood on intra-urban road network: A case study in the city center of Shanghai, China. *Journal of Hydrology*, 537:138–145.
- You, W. and Lv, Z. (2018). Spillover effects of economic globalization on CO2 emissions: A spatial panel approach. *Energy Economics*, 73:248–257.
- Yu, H., Gong, H., Chen, B., Liu, K., and Gao, M. (2020). Analysis of the influence of groundwater on land subsidence in Beijing based on the geographical weighted regression (GWR) model. *Science of the Total Environment*, 738:139405.
- Yu, M., Yang, C., and Li, Y. (2018). Big data in natural disaster management: A review. *Geosciences (Switzerland)*, 8(5).
- Yunida, R., Kumalawati, R., and Arisanty, D. (2017). Dampak Bencana Banjir Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Di Kecamatan Batu Benawa Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kalimantan Selatan. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 4(4):42–52.
- Zakaria, S. F., Zin, R. M., Mohamad, I., Balubaid, S., Mydin, S. H., and Mdr, E. M. (2017). The development of flood map in Malaysia. *AIP Conference Proceedings*, 1903.
- Zhu, S., Yang, Y., Yan, Y., Causone, F., Jin, X., Zhou, X., and Shi, X. (2022). Jo ur I P re of. *Building and Environment*, (Ii):109181.

Zulaeha, M., Ariany, L., Dwifama, A. H., Falmelia, R. A., and Ridhani, M. S. (2022). Mitigasi Bencana Perspektif Kebijakan Publik Dalam Penanggulangan Benana Banjir di Kalimantan Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 7(3):150–159.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A