



TUGAS AKHIR - SS141501

**PEMODELAN FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KECELAKAAN
LALU LINTAS BERDASARKAN METODE
GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION DI JAWA
TIMUR**

**PUTU LAKSMITA ARI DEWI
NRP 1312 100 058**

**Dosen Pembimbing
Dr. Dra. Ismaini Zain, M.Si.**

**Program Studi S1 Statistika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - SS141501

**TRAFFIC ACCIDENT'S FACTORS MODELLING IN JAWA
TIMUR USING GEOGRAPHICALLY WEIGHTED
REGRESSION**

**PUTU LAKSMITA ARI DEWI
NRP 1312 100 058**

**Lecturer
Dr. Dra. Ismaini Zain, M.Si.**

**Undergraduate Program of Statistics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMODELAN FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB
KECELAKAAN LALU LINTAS BERDASARKAN
METODE *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION*
DI JAWA TIMUR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains pada
Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

PUTU LAKSMITA ARI DEWI
NRP. 1312 100 058

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. Dra. Ismaini Zain, M.Si.
NIP. 19600525 198803 2 001

()

Mengetahui
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS


Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JANUARI 2016

**PEMODELAN FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB
KECELAKAAN LALU LINTAS DI JAWA TIMUR
MENGUNAKAN METODE *GEOGRAPHICALLY
WEIGHTED REGRESSION***

Oleh : Putu Laksmi Ari Dewi
NRP : 1312100058
Pembimbing : Dr. Dra. Ismaini Zain, M.Si.

Abstrak

Provinsi Jawa Timur menempati urutan pertama sebagai provinsi yang mengalami kecelakaan lalu lintas paling banyak di Indonesia pada tahun 2011, 2012, 2013. Berdasarkan fakta dan penelitian terdahulu, diketahui bahwa kecelakaan lalu lintas dipengaruhi oleh faktor yang bervariasi di setiap daerah, sehingga digunakan pemodelan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression*. Faktor-faktor yang diduga mempengaruhi kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur adalah kepadatan penduduk, persentase usia remaja, persentase kecelakaan terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota, persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan di atas SMP, rasio jenis kelamin dan persentase kecelakaan terjadi pada waktu gelap. Berdasarkan hasil analisis, data telah memenuhi asumsi heterogenitas spasial pada pengujian *Breusch Pagan* dengan *P-value* sebesar 0,009 dan terdapat dependensi spasial berdasarkan uji Moran's I dengan *p-value* sebesar 0,03. Fungsi pembobot yang digunakan pada penelitian ini adalah fungsi pembobot *Fixed Bisquare* dengan *bandwidth* sebesar 1,67. Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat dependensi spasial pada pengamatan. Terjadi peningkatan nilai R^2 menjadi 52,80 persen pada model GWR dan penurunan nilai SSE menjadi 14,22. Sehingga, pada kasus ini model GWR lebih baik dalam memodelkan dibanding model OLS. Faktor kepadatan penduduk dan persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan di atas SMP menjadi faktor yang paling signifikan mempengaruhi kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur dengan taraf signifikansi sebesar 5 persen.

Kata kunci : Dependensi Spasial, Heterogenitas Spasial, GWR, R^2 , SSE

TRAFFIC ACCIDENT'S FACTORS MODELLING IN JAWA TIMUR USING GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION

By : Putu Laksmita Ari Dewi
NRP : 1312100058
Supervisor : Dr. Dra. Ismaini Zain, M.Si.

Abstract

Jawa Timur Province consistence to hold the title as the most traffic accident in Indonesia at 2011 to 2013. According to the fact and previously research, traffic accident influenced by different factor in every region, so this report using Geographically Weighted Regression method to prove that. Factors that used in this report are population density, percentage of teenager, percentage of traffic accident that happen at district/city street, percentage of the last educational level of doer is above SMP, sex ratio and percentage of traffic accident happen in the dark. According to the analysis, there is spatial heterogeneity and spatial dependence in the data. Weight function that use in this analysis is fixed bisquare with bandwidth 1,67. There is enhancement of R^2 become 52,80 percent and the value of SSE become 14,22 or decreaseing. So, in this case, GWR model is better than OLS model. Population density and percentage of the last educational level of doer is above SMP being the significance factors that affect traffic accident in Jawa Timur with 5 percent significance level.

Keyword : Spatial Dependency, Spatial Heterogeneity, GWR, R^2 , SSE

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul "PEMODELAN FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KECELAKAAN LALU LINTAS BERDASARKAN METODE *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* DI JAWA TIMUR". Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains (S.Si.) pada Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik atas bantuan, motivasi, dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Suhartono, S.Si, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Dra. Lucia Aridinanti, MT selaku Ketua Program Studi Sarjana Jurusan Statistika FMIPA ITS.
3. Santi Wulan Purnami, M.Si, Ph.D. selaku Koordinator Tugas Akhir S1 Jurusan Statistika FMIPA ITS.
4. Dr. Dra. Ismaini Zain, M.Si. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan motivasi yang diberikan kepada penulis.
5. Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si. dan Dr. Wahyu Wibowo, M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik serta masukan untuk kesempurnaan laporan tugas akhir ini.
6. Ir. Dwi Atmono Agus Widodo, M.Sc. selaku dosen wali yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis mulai dari awal perkuliahan.
7. Kedua orang tua yang tidak pernah lelah memberikan dukungan, kasih sayang dan motivasi terhadap penulis.

8. Adik-adik, Anggi dan Komang yang selalu menghibur penulis dan seluruh keluarga besar yang selalu memberi dukungan dan semangat bagi penulis.
9. Bu Sofi, Fefy dan Riza (GWR Ceria) yang selalu membantu dan mengajari penulis dalam pembuatan laporan tugas akhir.
10. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Statistika ITS yang memberikan bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan.
11. Tante Dayu, Tante Endah, Pak Yanto dan Ibu Keswati yang telah membantu penulis untuk mendapatkan data dari Kepolisian Daerah Jawa Timur dan Dinas Pekerjaan Umum Binamarga Provinsi Jawa Timur.
12. I Gede Ardianta atas seluruh perhatian, dukungan dan semangat yang diberikan kepada penulis.
13. Teman-teman Kontrakan Cantik 37: Dera, Kim, Aiko, Shintya, Kak Gek, Kak Lia, Kak Nana, Kak Devi, Kak Erta yang mewarnai hari-hari penulis selama perkuliahan.
14. Teman-teman Tim Pembina Kerohanian Hindu-ITS yang sudah menjadi keluarga penulis di tanah rantau.
15. Teman Sejawat: Firda, Risma, Echi, Icha, Atik, Adiiib, Meranggi, Chris, Galih yang sudah mengajari banyak hal kepada penulis.
16. Teman-teman Sigma 23 atas kebersamaan dari awal perkuliahan hingga sekarang serta telah bersedia berdiskusi dan bertukar pikiran dalam pembuatan laporan tugas akhir.
17. Semua pihak yang turut membantu dalam pembuatan laporan tugas akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam laporan tugas akhir ini, maka segala kritik dan saran demi perbaikan laporan ini sangat dibutuhkan penulis. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para semua.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Statistika Deskriptif	7
2.2 Regresi Linier Berganda.....	8
2.2.1 Estimasi Parameter Regresi Linier Berganda	11
2.3.2 Pengujian Parameter Regresi Linier Berganda	11
2.2.3 Pengujian Residual Berdistribusi Normal	13
2.3 Data Spasial	13
2.3.1 Dependensi Spasial	13
2.3.2 Heterogenitas Spasial.....	15
2.4 <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR).....	16
2.4.1 Estimasi Parameter Model GWR.....	17
2.4.2 Pembobotan Model GWR	18
2.4.3 Pengujian Model GWR	20
2.5 Pemilihan Model Terbaik	24

2.6 Karakteristik dan Faktor-faktor yang Diduga	
Mempengaruhi Angka Kecelakaan Lalu Lintas	25
2.5.1 Faktor Pengguna Jalan (Manusia).....	25
2.5.2 Faktor Kondisi Lingkungan.....	28
2.5.3 Faktor Kondisi Jalan	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Sumber Data	31
3.2 Variabel Penelitian	31
3.3 Struktur Data Penelitian	33
3.4 Langkah Analisis	34
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Karakteristik Angka Kecelakaan Lalu Lintas dan Faktor	
yang Diduga Mempengaruhinya	35
4.1.1 Angka Kecelakaan Lalu Lintas.....	38
4.1.2 Kepadatan Penduduk	39
4.1.3 Persentase Usia Remaja	41
4.1.4 Persentase Kecelakaan Terjadi di Kawasan	
Jalan Kabupaten/Kota.....	42
4.1.5 Persentase Pendidikan Terakhir Pelaku Kecelakaan	
di Atas SMP.....	43
4.1.6 Rasio Jenis Kelamin.....	45
4.1.7 Persentase Waktu Kecelakaan Terjadi pada	
Waktu Gelap	46
4.2 Pemodelan Angka Kecelakaan Lalu Lintas di	
Jawa Timur	47
4.2.1 Pengujian Asumsi Residual Berdistribusi	
Normal	47
4.2.2 Pemodelan Regresi <i>Ordinary Least Square</i>	49
4.2.3 Pengujian Aspek Spasial.....	52
4.2.4 Pemodelan <i>Geographically Weighted</i>	
<i>Regression</i>	53

4.2.5 Pengujian Kesesuaian Model GWR.....	55
4.2.6 Pengujian Signifikansi Parameter Model GWR	55
4.2.7 Interpretasi Model GWR	59
4.2.8 Pemilihan Model Terbaik.....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Analysis of Variance</i> Model Regresi Linier	11
Tabel 3.1 Sumber Data Penelitian.....	31
Tabel 3.2 Variabel Penelitian	31
Tabel 3.3 Struktur Data Penelitian GWR	33
Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Variabel dalam Analisis	35
Tabel 4.2 Nilai VIF Variabel Prediktor	50
Tabel 4.3 Analisis Varians Model Regresi Linear Berganda	51
Tabel 4.4 Uji Signifikansi Parameter Secara Parsial.....	52
Tabel 4.5 Pemilihan Pembobot Optimum	54
Tabel 4.6 Rangkuman Hasil Estimator Model GWR.....	55
Tabel 4.7 Nilai t_{hitung} di setiap kabupaten/kota	56
Tabel 4.8 Model GWR di setiap kabupaten/kota	58
Tabel 4.9 Perbandingan Model OLS dan GWR	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Persebaran Angka Kecelakaan Lalu Lintas di Jawa Timur Tahun 2014	38
Gambar 4.2 Persebaran Kepadatan Penduduk di Jawa Timur Tahun 2014.....	40
Gambar 4.3 Persebaran Persentase Usia Remaja di Jawa Timur Tahun 2014.....	41
Gambar 4.4 Persebaran Persentase Kecelakaan Terjadi di Kawasan Jalan Kabupaten/ Kota di Jawa Timur Tahun 2014.....	42
Gambar 4.5 Persebaran Persentase Pendidikan Terakhir Pelaku Kecelakaan di Atas SMP di Jawa Timur Tahun 2014	44
Gambar 4.6 Persebaran Rasio Jenis Kelamin di Jawa Timur Tahun 2014.....	45
Gambar 4.7 Persebaran Persentase Kecelakaan Terjadi pada Waktu Gelap.....	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Angka Kecelakaan Lalu Lintas dan Faktor yang Mempengaruhinya	65
Lampiran 2. Statistika Deskriptif Variabel Respon dan Prediktor	66
Lampiran 3. Pemodelan Regresi OLS.....	67
Lampiran 4. Hasil Pengujian <i>Breusch-Pagan</i> dengan <i>Software R</i>	68
Lampiran 5. Hasil Pengujian <i>Moran's I</i> dengan <i>Software R</i>	69
Lampiran 6. Jarak <i>Euclidean</i> Antar Titik Pengamatan	70
Lampiran 7. Model GWR dengan <i>Software R</i>	77
Lampiran 8. ANOVA GWR dengan <i>Software R</i>	78
Lampiran 9. Estimasi Parameter Model GWR	79
Lampiran 10. <i>Syntax</i> Menggunakan <i>Software R</i>	81

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang pemilihan topik dan metode penelitian yang digunakan, rumusan masalah serta tujuan dari penelitian yang dilakukan. Selain itu akan dipaparkan mengenai manfaat dari penelitian yang dilakukan serta batasan masalah dalam penelitian.

1.1 Latar Belakang

Jawa Timur merupakan salah satu provinsi yang memiliki kepadatan penduduk tertinggi di Indonesia. Berdasarkan data, diketahui bahwa kepadatan penduduk di Provinsi Jawa Timur sebesar 808 jiwa/km² (BPS,2014). Kepadatan penduduk yang tinggi ini mengakibatkan Jawa Timur menghadapi berbagai masalah, salah satunya masalah transportasi. Transportasi merupakan sektor yang penting bagi seluruh lapisan masyarakat. Adanya transportasi yang baik akan berpengaruh terhadap pemerataan ekonomi dan pertumbuhan ekonomi suatu daerah. Namun, ketergantungan masyarakat Jawa Timur terhadap sektor transportasi, ditambah dengan padatnya penduduk di Provinsi Jawa Timur menyebabkan banyaknya masalah transportasi terjadi di provinsi ini. Salah satu masalah transportasi yang marak terjadi adalah kecelakaan lalu lintas. Data BPS menunjukkan bahwa selama tahun 2011-2013 Provinsi Jawa Timur konsisten selama tiga tahun berturut-turut menjadi provinsi dengan jumlah kecelakaan lalu lintas tertinggi di Indonesia. Pada tahun 2011, tercatat jumlah kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur sebanyak 21.901 kasus (BPS, 2012). Selanjutnya, pada tahun 2012 meningkat menjadi 24.985 kasus dan pada tahun 2013 sebanyak 21.362 kasus (BPS, 2013).

Menurut Direktorat Jenderal Perhubungan Darat dalam Warpani (2002), faktor penyebab kecelakaan lalu lintas di Indonesia terbagi menjadi empat, yaitu akibat manusia, mesin atau kendaraan, lingkungan dan keadaan jalan. Provinsi Jawa Timur terletak di bagian timur Pulau Jawa yang memiliki luas wilayah daratan 4.735.348 Ha (Pertanahan Provinsi Jawa Timur,

2015). Berdasarkan letak astronomis, Jawa Timur berada pada $111^{\circ}0'$ - $114^{\circ}4'$ BT dan $7^{\circ}12'$ - $8^{\circ}48'$ LS (Dinas Kesehatan Jawa Timur, 2012). Secara administratif, Provinsi Jawa Timur terdiri dari 29 kabupaten dan 9 kota yang memiliki karakteristik berbeda secara geografis antara daerah satu dan daerah lainnya. Geografi adalah salah satu ilmu yang mempelajari interaksi dan keterkaitan antara obyek dalam suatu wilayah, karenanya permasalahan lalu lintas termasuk masalah kecelakaan lalu lintas dapat dikaji dari prespektif geografi (Wijayanti, 2014). Hal tersebut menyebabkan faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan antara daerah satu dan daerah lainnya diduga dipengaruhi oleh aspek spasial.

Penelitian tentang analisis lokasi kecelakaan lalu lintas secara spasial pernah dilakukan oleh Wedagama (2010) yang menghasilkan bahwa kecelakaan lalu lintas di Newcastle, Inggris cenderung terjadi di pusat kota sehingga fokus pencegahan atau pengurangan kecelakaan dapat dilakukan di pusat kota. Sistem pencatatan kecelakaan lalu lintas dengan melibatkan koordinat garis lintang dan bujur diharapkan dapat diterapkan di Indonesia sehingga proses identifikasi kembali lokasi kecelakaan dapat dengan mudah dilakukan.

Pada penelitian ini diharapkan diketahui hubungan antara kecelakaan lalu lintas di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Salah satu metode yang berfungsi untuk mengetahui model hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor adalah metode regresi. Metode regresi yang menggunakan pertimbangan geografis adalah metode *Geographically Weighted Regression*. Salah satu penelitian tentang kecelakaan lalu lintas dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* pernah dilakukan oleh Erdogan (2009) yang meneliti tentang rasio kecelakaan lalu lintas dan rasio jumlah kematian di jalan karena kecelakaan lalu lintas di Turki. Hasil yang diperoleh yaitu analisis dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* dapat

memprediksi lebih baik dibandingkan menggunakan metode *Ordinary Least Square Regressions* berdasarkan nilai R^2 .

Selain itu penelitian lain tentang *Geographically Weighted Regression* pada kasus kecelakaan lalu lintas pernah dilakukan oleh Zheng, dkk.(2011) yang bertujuan untuk memprediksi kerugian akibat kecelakaan di daerah Hampton di Virginia dan faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan lalu lintas. Pada penelitian ini dihasilkan bahwa metode GWR lebih akurat dibandingkan menggunakan metode OLS. Hasil pada metode GWR lebih sesuai dengan data yang digunakan. Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa faktor yang turut berperan dalam kecelakaan lalu lintas di Hampton, Virginia adalah lebar jalan.

Berdasarkan data mengenai angka kecelakaan lalu lintas di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur pada tahun 2014, diperoleh bahwa angka kecelakaan lalu lintas menunjukkan pola terhadap pengaruh aspek spasial. Daerah-daerah yang berdekatan memiliki angka kecelakaan lalu lintas yang hampir sama dan berada dalam kategori yang sama. Sehingga, penelitian ini mengkaji kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* karena angka kecelakaan lalu lintas diduga dipengaruhi oleh aspek geografis.

1.2 Rumusan Masalah

Jawa Timur merupakan salah satu provinsi yang memiliki kepadatan penduduk tertinggi di Indonesia. Kepadatan penduduk yang tinggi ini menyebabkan Provinsi Jawa Timur memiliki berbagai macam permasalahan. Salah satu permasalahan yang dihadapi Provinsi Jawa Timur terdapat pada sektor transportasi. Provinsi Jawa Timur menempati urutan pertama sebagai provinsi yang mengalami kecelakaan lalu lintas paling banyak di Indonesia pada tahun 2011, 2012 dan 2013. Salah satu faktor penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas adalah faktor lingkungan. Secara administratif, Provinsi Jawa Timur terdiri dari 29 kabupaten dan 9 kota yang memiliki karakteristik berbeda secara geografis antara daerah satu dan daerah lainnya. Selain itu, karakteristik angka kecelakaan pada daerah yang berdekatan

cenderung memiliki kesamaan. Sehingga, analisis terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan lalu lintas dapat diduga dengan metode *Geographically Weighted Regression*. Dengan demikian, pada penelitian ini dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana deskripsi angka kecelakaan lalu lintas dan faktor yang mempengaruhinya di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur?
2. Bagaimana pemodelan faktor penyebab angka kecelakaan lalu lintas di Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan angka kecelakaan lalu lintas dan faktor yang mempengaruhinya di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur.
2. Memodelkan faktor penyebab kecelakaan lalu lintas di Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression*.

1.4 Manfaat

Pada laporan ini dipaparkan mengenai faktor-faktor penyebab kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression*. Manfaat yang diharapkan dari penulisan laporan ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan mengenai pemodelan pada data kecelakaan lalu lintas dengan pengaruh spasial menggunakan pendekatan GWR.
2. Memberi gambaran mengenai pola penyebaran kecelakaan lalu lintas dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di Jawa Timur.
3. Dapat mengetahui karakteristik setiap kabupaten/kota di Jawa Timur terkait dengan pengaruhnya terhadap kecelakaan lalu lintas.

4. Menjadi bahan acuan bagi pemerintah maupun masyarakat di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur dalam mencegah terjadinya kecelakaan lalu lintas sesuai karakteristik setiap daerah.

1.5 Batasan Masalah

Batasan permasalahan dalam penelitian ini yaitu data mengenai kecelakaan yang digunakan adalah pada tahun 2014, definisi remaja yang digunakan adalah anak berusia 11-20 tahun dan untuk menyesuaikan dengan jumlah kabupaten/kota di Jawa Timur, Polrestabes Surabaya dalam penelitian akan digabung dengan Polres KPPP.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai pemodelan angka kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur dengan melibatkan unsur spasial menggunakan metode *Geographically Weighted Regression*, namun terlebih dahulu akan dijelaskan mengenai statistika deskriptif, regresi linear berganda dan konsep kecelakaan lalu lintas serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.

2.1 Statistika Deskriptif

Menurut Walpole (1993) statistika deskriptif merupakan bagian dari ilmu Statistika yang berfungsi untuk memberikan keterangan-keterangan mengenai suatu data atau kejadian atau fenomena seperti menerangkan keadaan, gejala, atau persoalan sehingga dapat memberikan informasi yang bermanfaat. Statistika deskriptif pada penelitian ini digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik data angka kecelakaan lalu lintas di Provinsi Jawa Timur dan faktor-faktor yang mempengaruhinya dalam rata-rata, koefisien varians, nilai minimum dan nilai maksimum serta penyajian peta tematik sehingga dapat memberikan informasi yang jelas dan mudah dimengerti. Berikut adalah rumus dari rata-rata (\bar{x}).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

dimana:

x_i : data ke- i

n : banyaknya data

Selain rata-rata, *variens* juga digunakan untuk menjelaskan keragaman data. Berikut adalah perhitungan matematis untuk *variens*.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

dimana:

s^2 : *sample variance*

\bar{x} : nilai rata-rata

x_i : data ke- i

n : banyaknya data

Sedangkan, nilai minimum dan maksimum menunjukkan nilai tertinggi dan terendah dari suatu variabel.

Peta tematik adalah suatu peta yang memperlihatkan konsep geografis untuk kepentingan tertentu dengan menggunakan peta rupa bumi yang telah disederhanakan sebagai dasar untuk meletakkan informasi tematiknya. Salah satu metode klasifikasi peta tematik adalah menggunakan metode *Natural Break*. Pada metode ini digunakan optimasi Jenks yaitu metode yang mereduksi nilai varians pada kelas yang sama dan memaksimalkan nilai varians untuk kelas yang berbeda. Berikut adalah algoritma dari metode *Natural Break*.

1. Bagi daerah menjadi sebanyak h kelompok dari n wilayah sehingga akan terbentuk kombinasi antara n dan h kelompok.
2. Hitung rata-rata dari setiap kelompok. Hasil rata-rata dilambangkan dengan \hat{x}_q dengan $q= 1, \dots, h$
3. Hitung jumlah standar deviasi kuadrat dari setiap kelompok kombinasi wilayah.
4. Pembagian kelompok dengan jumlahan standar deviasi kuadrat terkecil adalah pembagian wilayah yang optimum.

2.2 Regresi Linier Berganda

Metode regresi adalah metode yang digunakan untuk menyatakan pola hubungan antara satu variabel respon dan satu atau lebih variabel prediktor. Regresi linear berganda merupakan metode yang memodelkan hubungan antara variabel respon (y) dan variabel prediktor ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$). Model regresi linier

untuk p variabel prediktor secara umum ditulis sebagai berikut (Fotheringham, dkk., 2002).

$$y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

dengan

y_i : nilai observasi variabel respon ke- i

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

β_0 : nilai *intercept* model regresi

β_k : koefisien regresi variabel prediktor ke- k

ε_i : error pada peengamatan ke- i dengan asumsi independen, identik, dan berdistribusi normal dengan mean nol dan varians konstan σ^2

Dalam notasi matriks persamaan (2.1) dapat ditulis menjadi persamaan berikut (Draper dan Smith, 1998).

$$\mathbf{y} = \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

dengan

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

dimana

\mathbf{y} = vektor variabel respon berukuran $n \times 1$

\mathbf{X} = matriks variabel prediktor berukuran $n \times (p+1)$

$\boldsymbol{\beta}$ = vektor parameter berukuran $(p+1) \times 1$

$\boldsymbol{\varepsilon}$ = vektor error berukuran $n \times 1$

Pada pemodelan regresi linier berganda terdapat syarat-syarat yang harus dipenuhi yaitu tidak terdapat korelasi yang tinggi antara variabel prediktor satu dan lainnya (multikolinearitas). Untuk menilai multikolinearitas membutuhkan ukuran untuk mengungkapkan sejauh mana masing-masing variabel prediktor

dijelaskan oleh himpunan variabel prediktor lainnya. Salah satu cara mengidentifikasi multikolinearitas yang umum, yaitu jika nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) lebih besar dari 10 terdapat indikasi multikolinearitas yang tinggi (Kutner, dkk., 2004) dengan rumus VIF sebagai berikut.

$$VIF_j = \frac{1}{1-R_j^2} \quad (2.2)$$

dengan

R_j^2 : Koefisien determinasi untuk regresi antar variabel prediktor

yang memiliki rumus $R_j^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$

j : variabel prediktor ke- j

Multikolinearitas dapat diatasi dengan mengeluarkan variabel yang tidak signifikan dari dalam model atau dengan cara mengelompokkan variabel yang saling berkorelasi cukup tinggi dalam sebuah komponen yang membentuk variabel baru yaitu dengan menggunakan *Principal Component Regression* (PCR), sehingga mereduksi banyaknya dimensi regresi dan antar variabel baru tersebut tidak saling berkorelasi cukup tinggi (Hair, dkk., 2010).

Multikolinearitas merupakan elemen yang diperhatikan dalam pemodelan regresi linier berganda karena memberikan dampak sebagai berikut (Gujarati & Porter, 2007).

1. Penaksir OLS masih bersifat BLUE (*Best Linier Unbiased Estimator*), tetapi mempunyai variansi dan kovariansi yang yang besar sehingga sulit mendapatkan taksiran (estimasi) yang tepat.
2. Akibat penaksir OLS mempunyai variansi dan kovariansi yang yang besar, menyebabkan interval estimasi akan cenderung lebih lebar dan nilai hitung statistik uji t akan kecil, sehingga membuat variabel bebas secara statistik tidak signifikan mempengaruhi variabel tidak bebas.

3. Walaupun secara individu variabel bebas tidak berpengaruh terhadap variabel tidak bebas melalui uji t, tetapi nilai koefisien determinasi (R^2) masih bisa relatif tinggi.

2.2.1 Estimasi Parameter Regresi Linier Berganda

Pendugaan parameter model regresi linier diperoleh dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Metode OLS didapat dengan meminimumkan jumlah kuadrat error. Pendugaan parameter model didapat dari persamaan sebagai berikut (Draper&Smith, 1992).

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

dengan

$\hat{\beta}$: vektor dari parameter yang diestimasi berukuran $(p + 1) \times 1$

X : matriks variabel prediktor berukuran $n \times (p + 1)$

y : vektor observasi dari variabel respon berukuran $n \times 1$

2.2.2 Pengujian Parameter Regresi Linier Berganda

Untuk mengetahui variabel prediktor mana yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon dilakukan pengujian parameter baik secara serentak maupun parsial setelah melakukan estimasi parameter.

a. Uji Serentak

Pengujian secara serentak dilakukan untuk melihat signifikansi parameter secara bersama-sama dalam model dengan menggunakan analisis varians (ANOVA) yang disajikan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 *Analysis of Variance* Model Regresi Linier

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Kuadrat	F-Hitung
Regresi	p	$SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$	$MSR = \frac{SSR}{p}$	$F_{hit} = \frac{MSR}{MSE}$
Error	n-p-1	$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$	$MSE = \frac{SSE}{n - p - 1}$	
Total	n-1	$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$		

Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1 : \text{Minimal ada satu } \beta_k \neq 0 ; k = 1, 2, \dots, p \quad (2.4)$$

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MSR}{MSE} \quad (2.5)$$

Daerah penolakan:

Tolak H_0 jika $F_{hit} > F_{(\alpha; p, n-p-1)}$ atau jika $P_{value} < \alpha$ yang artinya paling sedikit ada satu variabel prediktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon (Draper&Smith, 1992).

b. Uji Parsial

Uji parsial atau yang sering disebut juga pengujian parameter regresi secara individu dilakukan untuk mengetahui parameter mana saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon.

Hipotesis:

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \text{Minimal ada satu } \beta_k \neq 0 ; k = 1, 2, \dots, p \quad (2.6)$$

Statistik uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_k}{SE(\hat{\beta}_k)} \quad (2.7)$$

dengan:

$$SE(\hat{\beta}_k) = \sqrt{\frac{MSE}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

dimana:

MSE : *Mean Square Error* dari model regresi

x_i : nilai prediktor pada pengamatan ke- i

\bar{x} : nilai rata-rata variabel prediktor

Jika diberikan taraf signifikansi sebesar α , maka keputusan menolak H_0 diambil jika $|t_{hitung}| > t_{(\frac{\alpha}{2}, n-p-1)}$ atau jika $P_{value} < \alpha$ yang artinya ada pengaruh antara variabel prediktor terhadap variabel respon (Draper&Smith, 1992).

2.2.3 Pengujian Asumsi Residual Berdistribusi Normal

Pengujian asumsi residual memiliki tujuan untuk mengetahui kelayakan suatu model. Dalam menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* diperlukan data yang memenuhi asumsi residual berdistribusi Normal (Fotheringham, 2002).

Untuk mengetahui hal ini dilakukan pengujian dengan uji statistik Kolmogorov-Smirnov dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : F_n(y) = F_0(y)$ (residual berdistribusi Normal)

$H_1 : F_n(y) \neq F_0(y)$ (residual tidak berdistribusi Normal) (2.8)

Statistik uji:

$$D = \text{Sup } |F_n(x) - F_0(x)|$$

dimana:

$F_n(x)$: nilai distribusi kumulatif sampel

$F_0(x)$: nilai distribusi kumulatif bawah x untuk distribusi Normal
($P(Z < Z_i)$)

Daerah Penolakan:

Tolak H_0 jika $D > D_\alpha$ dimana D_α merupakan nilai kritis untuk uji Kolmogorov Smirnov satu sampel atau jika $P\text{-value} < \alpha$.

2.3 Data Spasial

Menurut Gumelar dalam Prasetyawan (2011) data spasial mempunyai pengertian sebagai suatu data yang mengacu pada posisi, obyek, dan hubungan diantaranya dalam ruang bumi. Posisi lokasi dari suatu pengamatan memungkinkan adanya hubungan dengan pengamatan lain yang berdekatan. Hubungan antar pengamatan tersebut dapat berupa persinggungan antar pengamatan maupun kedekatan jarak antar pengamatan. Adanya efek spasial merupakan hal yang sering terjadi antara suatu wilayah dengan wilayah lainnya. Efek spasial yang terjadi antar wilayah dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu dependensi spasial dan heterogenitas spasial (Anselin & Getis, 1992).

2.3.1 Dependensi Spasial

Adanya dependensi spasial menunjukkan bahwa pengamatan pada lokasi yang satu dipengaruhi oleh pengamatan

di lokasi yang lain. Untuk mengetahui hal tersebut, perlu dilakukan identifikasi kebenaran efek spasial pada data yang digunakan. Salah satu pengujian yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya dependensi spasial yaitu dengan pengujian *Moran's I*.

Pengujian *Moran's I* merupakan pengujian yang dilakukan untuk melihat apakah pengamatan di suatu lokasi berpengaruh terhadap pengamatan di lokasi lain yang letaknya saling berdekatan.

Hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$H_0 : I=0$ (tidak ada dependensi spasial)

$H_1 : I \neq 0$ (terdapat dependensi spasial) (2.9)

Statistik uji dari indeks Moran's I diturunkan dalam bentuk statistik peubah acak normal baku. Hal ini didasarkan pada teori Dalil Limit Pusat dimana untuk n yang besar dan ragam diketahui maka Z_I akan menyebar normal baku sebagai berikut :

$$Z_I = \frac{\hat{I} - E(\hat{I})}{\sqrt{\text{var}(\hat{I})}} \quad (2.10)$$

dimana

$$\hat{I} = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

dengan

\bar{y} : rata-rata variabel y

w_{ij} : Elemen matrik pembobot

$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$: jumlahan elemen matriks pembobot

\hat{I} : nilai indeks Moran's I

Z_I : nilai statistik uji indeks Moran's I

$E(\hat{I})$: nilai ekspektasi dari indeks Moran's I

$\text{var}(\hat{I})$: nilai varians dari indeks Moran's I

Rata-rata varians dalam *Moran's I* dapat ditulis sebagai berikut.

$$\hat{I}_0 = E(I) = \frac{-1}{(n-1)}$$

$$\text{var}(\hat{I}) = \frac{n^2 S_1 - n S_2 + 3 S_0^2}{(n^2 - 1) S_0^2} - (E(I))^2$$

dimana:

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

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

$$S_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (W_{i.} + W_{.j})^2$$

Daerah penolakan:

Tolak H_0 jika $|Z_I| > Z_{\alpha/2}$ atau $P\text{-value} < \alpha$

2.3.2 Heterogenitas Spasial

Asumsi yang digunakan pada pemodelan regresi global adalah bahwa hubungan dalam pemodelan adalah sama di setiap lokasi pengamatan dimana data diambil, yang biasa disebut asumsi homogenitas (Charlton&Fotheringham, 2009). Pemodelan regresi global dengan asumsi tersebut akan menghasilkan parameter yang sama untuk setiap wilayah. Hal ini akan menjadi berbeda ketika menghadapi data spasial yang mungkin bervariasi secara kewilayahan, atau disebut heterogenitas spasial.

Heterogenitas spasial merujuk pada adanya keberagaman dalam hubungan secara kewilayahan. Menurut LeSage dalam Prasetyawan (2011), pada hampir setiap kasus dianggap bahwa kita akan mendapatkan hubungan yang berbeda pada setiap lokasi pengamatan. Akibatnya, parameter global yang diduga dari data geografis tidak menggambarkan dengan baik fenomena geografis pada lokasi tertentu.

Menurut Anselin (1998), heterogenitas spasial dapat diidentifikasi menggunakan pengujian *Breusch-Pagan*.

Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_i^2$ (tidak terdapat heterogenitas spasial)

H_1 : minimal ada satu $\sigma_i^2 \neq \sigma^2$ (ada heterogenitas spasial) (2.11)

Statistik uji :

$$BP = \frac{1}{2} \mathbf{f}^T \mathbf{Z} (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \quad (2.12)$$

dengan elemen vektor \mathbf{f} adalah:

$$f_i = \frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1$$

dengan

$\mathbf{f}: (f_1, f_2, \dots, f_n)^T$ dengan $h_i = \frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1$

$e_i: y_i - \hat{y}_i$, (\hat{y}_i diperoleh dari metode *Ordinary Least Square* (OLS))

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2}{n}$$

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

Daerah penolakan:

Tolak H_0 jika $BP > \chi^2(p)$ atau jika $P\text{-value} < \alpha$ dengan p adalah banyaknya prediktor. Tolak H_0 menunjukkan terjadi heteoskedastisitas dalam model (varians antar lokasi pengamatan berbeda).

2.4 Geographically Weighted Regression (GWR)

Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) adalah pengembangan dari model regresi dimana setiap parameter dihitung pada setiap lokasi pengamatan, sehingga setiap lokasi pengamatan mempunyai nilai pengamatan regresi yang berbeda-beda. Data yang digunakan pada pemodelan GWR harus memenuhi asumsi residual berdistribusi Normal. Model GWR merupakan pengembangan dari model regresi global dimana ide dasarnya diambil dari regresi nonparametrik (Mei,2006). Variabel respon y dalam model GWR diprediksi dengan variabel prediktor

yang masing-masing koefisien regresinya bergantung pada lokasi dimana data tersebut diamati. Model GWR dapat ditulis sebagai berikut (Fotheringham dkk., 2002):

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i; i = 1, 2, \dots, n \quad (2.13)$$

dengan

y_i : Nilai observasi variabel respon untuk lokasi ke- i

(u_i, v_i) : Menyatakan koordinat letak geografis (*longitude*, *latitude*) dari lokasi pengamatan ke- i

$\beta_0(u_i, v_i)$: Nilai *intercept* model regresi GWR

$\beta_k(u_i, v_i)$: Koefisien regresi variabel prediktor ke- k pada lokasi pengamatan ke- i

x_{ik} : Nilai observasi variabel prediktor ke- k pada lokasi pengamatan ke- i

ε_i : Error pengamatan ke- i yang diasumsikan identik, independen dan berdistribusi normal dengan mean nol dan varian konstan σ^2

Parameter yang dihasilkan pada model GWR akan berbeda-beda pada masing-masing lokasi, sehingga terdapat sebanyak $n \times k$ parameter yang harus diestimasi, dimana n adalah jumlah lokasi pengamatan dan $k = p + 1$ adalah jumlah parameter pada masing-masing lokasi pengamatan.

2.4.1 Estimasi Parameter Model GWR

Estimasi parameter model GWR dilakukan dengan metode *Weighted Least Square* (WLS) yaitu dengan memberikan penimbang/pembobot yang berbeda pada setiap lokasi pengamatan. Pemberian bobot ini sesuai dengan Hukum I Tobler: “*Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things*” segala sesuatu saling berhubungan satu dengan yang lainnya, tetapi sesuatu yang dekat lebih mempunyai pengaruh daripada sesuatu yang jauh” menurut Miller dalam Yasin (2011).

Berikut merupakan bentuk estimasi parameter dari model GWR untuk setiap lokasi (Fotheringham dkk., 2002):

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} \quad (2.14)$$

Jika terdapat n lokasi sampel maka estimasi ini merupakan estimasi setiap baris dari matriks lokal parameter seluruh lokasi dan matriksnya adalah sebagai berikut.

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0(u_1, v_1) & \beta_1(u_1, v_1) & \beta_2(u_1, v_1) & \dots & \beta_p(u_1, v_1) \\ \beta_0(u_2, v_2) & \beta_1(u_2, v_2) & \beta_2(u_2, v_2) & \dots & \beta_p(u_2, v_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_0(u_n, v_n) & \beta_1(u_n, v_n) & \beta_2(u_n, v_n) & \dots & \beta_p(u_n, v_n) \end{bmatrix}$$

Matriks pembobotnya merupakan matriks diagonal yang menunjukkan pembobot yang bervariasi dari setiap prediksi parameter pada lokasi i yang diformulasikan sebagai berikut.

$$W(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} w_{i1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{i2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & w_{in} \end{bmatrix}$$

2.4.2 Pembobotan Model GWR

Peran pembobot pada model GWR sangat penting karena nilai pembobot ini mewakili letak data observasi satu dengan lainnya. Skema pembobotan pada GWR dapat menggunakan beberapa metode yang berbeda. Ada beberapa literatur yang bisa digunakan untuk menentukan besarnya pembobot untuk masing-masing lokasi yang berbeda pada model GWR, diantaranya adalah menggunakan fungsi kernel (*kernel function*). Menurut Chasco,dkk. dalam Yasin (2011), fungsi kernel digunakan untuk mengestimasi parameter dalam model GWR jika fungsi jarak (w_j) adalah fungsi yang kontinu. Fungsi Kernel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Fungsi *Gaussian* (Fotheringham, dkk., 2002)

$$w_j(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{b}\right)^2\right) \quad (2.15)$$

2. Fungsi *Bisquare* (Fotheringham, dkk., 2002)

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} [1 - (d_{ij}/b)^2]^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq b \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > b \end{cases} \quad (2.16)$$

3. Fungsi *Tricube* (Fotheringham, dkk., 2002)

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} [1 - (d_{ij}/b)^3]^3, & \text{untuk } d_{ij} \leq b \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > b \end{cases} \quad (2.17)$$

Sedangkan fungsi kernel *adaptive* memiliki *bandwidth* yang berbeda-beda di tiap lokasi pengamatan, dengan fungsi pembobot sebagai berikut.

1. *Adaptive Gaussian*

$$w_j(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{b_i}\right)^2\right) \quad (2.18)$$

2. *Adaptive Bisquare*

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} [1 - (d_{ij}/b_i)^2]^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq b \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > b \end{cases} \quad (2.19)$$

3. *Adaptive Tricube*

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} [1 - (d_{ij}/b_i)^3]^3, & \text{untuk } d_{ij} \leq b \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > b \end{cases} \quad (2.20)$$

dengan

b : Parameter non negatif yang disebut dengan parameter penghalus (*bandwidth*)

$b_{i(p)}$: *Bandwidth* adaptif yang menetapkan p sebagai jarak terdekat (*nearest neighbour*) dari lokasi i

d_{ij} : Jarak *Euclidean* antara lokasi (u_i, v_i)

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

Bandwidth merupakan radius suatu lingkaran dimana titik yang berada dalam radius lingkaran masih dianggap berpengaruh dalam membentuk parameter model lokasi i . Nilai *bandwidth* yang sangat kecil akan menyebabkan varians menjadi semakin besar. Hal itu dikarenakan jika *bandwidth* sangat kecil maka akan semakin sedikit pengamatan yang berada dalam radius b , sehingga model yang diperoleh akan sangat kasar (*under smoothing*) karena hasil estimasi dengan menggunakan sedikit pengamatan. Sebaliknya, nilai *bandwidth* yang besar dapat menimbulkan bias yang semakin besar. Jika *bandwidth* sangat besar maka akan semakin banyak pengamatan yang berada dalam

radius b , sehingga model yang diperoleh akan terlampau halus (*oversmoothing*), karena hasil estimasi dengan menggunakan banyak pengamatan (Purhadi dan Wulandari, 2012).

Pemilihan *bandwidth* optimum menjadi sangat penting karena akan mempengaruhi ketepatan model terhadap data, yaitu mengatur varians dan bias dari model. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan *bandwidth* optimum adalah metode *cross validation* (CV) yang secara matematis dirumuskan sebagai berikut (Fotheringham, dkk., 2002)

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

dengan

$\hat{y}_{\neq i}(b)$: Nilai estimasi y_i dimana pengamatan di lokasi i dihilangkan dari proses penaksiran

n : Jumlah sampel

Bandwidth yang optimal ditunjukkan dengan nilai CV minimum.

2.4.3 Pengujian Model GWR

Pengujian model GWR terdiri dari dua macam, yaitu uji kesesuaian antara model regresi linear dengan model GWR dan uji parsial model GWR.

a. Uji Kesesuaian Antara Model Regresi Linear dengan Model GWR

Pengujian dilakukan untuk menguji signifikansi dari faktor geografis. Pengujian parameter pertama yang harus dilakukan adalah uji kesesuaian antara model regresi linear berganda dengan model GWR. Pengujian kesesuaian model ini bertujuan untuk menjelaskan apakah model GWR dapat menjelaskan lebih baik dibandingkan model regresi linier atau tidak.

Hipotesis (Fotheringham, dkk., 2002):

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

(tidak ada perbedaan signifikan antara model regresi linier dengan model GWR)

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

(ada perbedaan yang signifikan antara model regresi linier dengan model GWR) (2.22)

Statistik uji didapatkan dengan cara menurunkan rumus SSE (*Sum Square Error*) dibawah H_0 dan H_1 . Dibawah H_0 berarti sama saja dengan menurunkan SSE untuk regresi global. Persamaan SSE untuk regresi global adalah sebagai berikut.

$$SSE(H_0) = \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}^T \hat{\boldsymbol{\varepsilon}} = (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}})^T (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}) = \mathbf{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{H}) \mathbf{y}$$

dengan $\mathbf{H} = \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T$ yang bersifat idempotent. Matrik idempotent adalah matriks bujur sangkar dimana berlaku $A^2 = A$ atau $A^n = A$ untuk suatu n .

Penurunan rumus untuk mendapatkan $SSE(H_1)$ dengan dimisalkan $\mathbf{x}_i^T = (1, x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$ adalah baris ke- i dari matriks \mathbf{X} maka diperoleh sebagai berikut.

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

dimana $\mathbf{x}_i^T (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y}$ disebut sebagai matriks proyeksi yaitu matriks yang memproyeksikan nilai \mathbf{y} menjadi $\hat{\mathbf{y}}$ pada lokasi (u_i, v_i) . Misalkan $\hat{\mathbf{y}} = (\hat{y}_1, \hat{y}_2, \dots, \hat{y}_n)^T$ dan $\hat{\boldsymbol{\varepsilon}} = (\hat{\varepsilon}_1, \hat{\varepsilon}_2, \dots, \hat{\varepsilon}_n)^T$ adalah vektor penaksiran nilai \mathbf{y} dan vektor error lokasi (u_i, v_i) , $i = 1, 2, \dots, n$, maka persamaan tersebut dapat ditulis kembali dalam bentuk $\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{L} \mathbf{y}$ sedangkan penaksir vektor errornya adalah $\hat{\boldsymbol{\varepsilon}} = \mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}} = (\mathbf{I} - \mathbf{L}) \mathbf{y}$ dengan

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^T (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_1, v_1) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_1, v_1) \\ \mathbf{x}_2^T (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_2, v_2) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_2, v_2) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^T (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_n, v_n) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_n, v_n) \end{bmatrix}$$

\mathbf{L} adalah matriks berukuran $n \times n$ dan \mathbf{I} adalah matriks identitas berukuran $n \times n$.

$$R_0 = (1 - \mathbf{H})^T (1 - \mathbf{H})$$

$$R_1 = (1 - \mathbf{L})^T (1 - \mathbf{L})$$

Nilai estimasi SSE dari model GWR diperoleh dengan mengkuadratkan vektor errornya yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned} SSE(H_1) &= \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}^T \hat{\boldsymbol{\varepsilon}} = (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}})^T (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}) \\ &= ((\mathbf{I} - \mathbf{L})\mathbf{y})^T (\mathbf{I} - \mathbf{L})\mathbf{y} = \mathbf{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{L})^T (\mathbf{I} - \mathbf{L})\mathbf{y} \end{aligned}$$

Jika hipotesis null (H_0) adalah benar berdasarkan data yang diberikan, maka nilai $SSE(H_0)$ akan sama dengan nilai $SSE(H_1)$. Akibatnya ukuran $SSE(H_1)/SSE(H_0)$ akan mendekati 1, sebaliknya jika H_0 tidak benar maka nilainya cenderung mengecil menurut Leung dalam Prasetyawan (2011). Berikut merupakan statistik uji dari kesesuaian model GWR (Fotheringham, dkk., 2002).

$$F_{hitung} = \frac{(SSE(H_0) - SSE(H_1))}{\frac{v}{SSE(H_1)} \delta_1} \quad (2.23)$$

Jika F_{hitung} menghasilkan nilai yang relatif kecil, maka dapat dikatakan bahwa hipotesis alternatif (H_1) lebih cocok digunakan.

Dengan kata lain model GWR mempunyai *goodness of fit* yang lebih baik daripada model regresi global.

Daerah penolakan:

Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{(1-\alpha; df_1; df_2)}$

dengan

$$v = tr(R_0 - R_1)$$

$$\delta_1 = tr(R_1)$$

$$df_1 = \frac{v^2}{v^*}$$

$$df_2 = \frac{\delta_1^2}{\delta_2}$$

$$v^* = Tr[(R_0 - R_1)^2]$$

$$\delta_2 = Tr(R_1^2)$$

b. Uji Parsial Model GWR

Pengujian parameter model GWR dilakukan untuk mengetahui parameter mana yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon secara parsial.

Hipotesis:

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

$$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k = 1, 2, \dots, p \quad (2.24)$$

Statistik uji:

$$T_{hitung} = \frac{\widehat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\widehat{\sigma} \sqrt{g_{kk}}}$$

Estimasi parameter $\widehat{\beta}(i)$ seperti pada persamaan 2.14 akan mengikuti distribusi normal dengan rata-rata $\widehat{\beta}(i)$ dan varians $\mathbf{G}\mathbf{G}^T \widehat{\sigma}^2$ dimana $\mathbf{G} = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i)$ maka didapatkan:

$$\frac{\widehat{\beta}_k(u_i, v_i) - \beta_k(u_i, v_i)}{\widehat{\sigma} \sqrt{g_{kk}}} \sim N(0, 1)$$

dengan g_{kk} adalah elemen diagonal ke- k dari matrik \mathbf{GG}^T .

Statistik uji T berdistribusi t dengan $df = \left[\frac{\delta_1^2}{\delta_2} \right]$ dan

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{SSE_{GWR}}{\frac{\delta_1^2}{\delta_2}}} \quad \text{dengan tingkat signifikansi } \alpha \text{ dimana}$$

$$\delta_1 = tr(R_1) \text{ dan } \delta_2 = tr[(R_1)^2].$$

Daerah penolakan:

Tolak H_0 jika $|T_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}, df}$ atau $P\text{-value} < \alpha$

2.5 Pemilihan Model Terbaik

Matriks pembobot yang dihasilkan dari beberapa fungsi pembobot yang berbeda akan menghasilkan model GWR yang berbeda. Pada penelitian ini, fungsi pembobot optimum yang digunakan diperoleh berdasarkan nilai CV minimum. Oleh karena itu, pemilihan model terbaik pada penelitian ini akan dilakukan terhadap model OLS dan model GWR. Pemilihan model terbaik dapat dilakukan dengan menggunakan kriteria R^2 dan SSE (Fotheringham, dkk., 2002). Secara matematis SSE dan R^2 model GWR dapat diperoleh dengan rumus berikut:

$$SSE = (y - X\hat{\beta})^T (y - X\hat{\beta}) \quad (2.25)$$

$$R^2 = \frac{SST^w - SSE^w}{SST^w} \quad (2.26)$$

dimana SST^w dan SSE^w merupakan *sum square total* dan *sum square error* yang sudah diberi pembobot geografis, dengan:

$$SST^w = \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_j - \bar{y})^2$$

$$SSR^w = \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_j - \hat{y}_j)^2$$

2.6 Karakteristik dan Faktor-faktor yang Diduga

Mempengaruhi Angka Kecelakaan Lalu Lintas

Angka kecelakaan lalu lintas digunakan untuk mengukur tingkat kecelakaan pada satu satuan ruas jalan. Kecelakaan merupakan kejadian tidak direncanakan dan tidak terkendali, ketika aksi atau reaksi suatu objek, bahan, atau radiasi yang menyebabkan cedera atau kemungkinan cedera. Kecelakaan merupakan suatu kejadian yang tidak diinginkan yang menyebabkan kerugian pada manusia, kerusakan pada properti, dan hilang atau terganggunya proses (Heinrich, 1980). Berdasarkan UU No. 22 Tahun 2009 kecelakaan lalu lintas didefinisikan sebagai suatu peristiwa di jalan yang tidak diduga dan tidak disengaja melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pengguna jalan lain yang mengakibatkan korban manusia dan/atau kerugian harta benda. Kecelakaan lalu lintas dapat menyebabkan luka-luka hingga kematian pada manusia. Kecelakaan lalu lintas dapat terjadi karena beberapa faktor, yaitu manusia, kondisi lingkungan, keadaan jalan dan kondisi kendaraan (Warpani, 2000).

2.5.1 Faktor Pengguna Jalan (Manusia)

Pengguna jalan adalah orang yang menggunakan jalan untuk berlalu lintas. Pengguna jalan dapat dibedakan menjadi pengemudi dan pejalan kaki. Pengemudi adalah seseorang yang mengemudikan kendaraan bermotor di jalan yang telah memiliki surat izin mengemudi, sedangkan pejalan kaki adalah setiap orang yang berjalan di ruang lalu lintas jalan (UU No. 22 Tahun 2009). Faktor pengguna jalan merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi kecelakaan lalu lintas. Keadaan fisik serta perilaku pengguna jalan juga akan mempengaruhi keselamatan dalam berlalu lintas. Berdasarkan penelitian sebelumnya, faktor-faktor yang berkaitan dengan pengguna jalan dan secara spasial

mempengaruhi angka kecelakaan lalu lintas adalah sebagai berikut.

a. Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk adalah banyaknya jumlah penduduk per satuan luas (BPS). Pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin bertambah setiap tahunnya dan tidak dibarengi dengan peningkatan luas wilayah menyebabkan kepadatan penduduk semakin meningkat. Peningkatan jumlah penduduk dengan sikap individu yang kurang peduli terhadap lingkungan yang aman dan tertib menjadi salah satu penyebab kecelakaan lalu lintas di jalan meningkat, sehingga banyak pelanggaran lalu lintas yang dilakukan pengemudi kendaraan (Triana, dkk., 2013).

Penelitian mengenai kecelakaan lalu lintas dengan pendekatan spasial pernah dilakukan oleh Gumawang (2015) yang meneliti kecelakaan lalu lintas di kota besar di Indonesia dengan menggunakan metode berjenjang tertimbang yaitu dengan memberikan skoring ke dalam variabel pada parameter penentu tingkat kerawanan kecelakaan lalu lintas serta memberikan bobot pada parameter tersebut. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa variabel yang signifikan terhadap tingkat kecelakaan di kota besar adalah faktor rasio ketersediaan rambu lalu lintas, faktor kecepatan rata-rata, faktor kepadatan penduduk, trotoar, bahu jalan, pola arus lalu lintas, hambatan samping, dan faktor pelayanan jalan (V/C ratio). Berdasarkan penelitian tersebut terlihat bahwa faktor kepadatan penduduk merupakan salah satu faktor yang memberikan kontribusi terhadap tingkat kecelakaan di kota besar.

b. Persentase Usia Remaja

Menurut Hurlock dalam BPS (2014), istilah remaja berasal dari bahasa latin yaitu "*adolescence*" yang artinya tumbuh atau tumbuh untuk mencapai kematangan. Menurut ilmu psikologi, remaja adalah suatu periode transisi dari masa anak-anak hingga masa awal dewasa, yang dimasuki pada usia kira kira 10 hingga

12 tahun dan berakhir pada usia 18 tahun hingga 22 tahun. Masa remaja bermula pada perubahan fisik yang cepat, penambahan berat dan tinggi badan yang dramatis, perubahan bentuk tubuh, dan perkembangan karakteristik seksual seperti pembesaran buah dada, perkembangan pinggang dan kumis, dan dalamnya suara. Pada perkembangan ini, pencapaian kemandirian dan identitas sangat menonjol (pemikiran semakin logis, abstrak, dan idealistis) dan semakin banyak menghabiskan waktu di luar keluarga (BPS,2014). Beberapa ahli menggunakan batasan usia yang berbeda untuk mengelompokkan usia remaja. Menurut Adams dan Gullota dalam BPS (2014), masa remaja meliputi usia antara 11 hingga 20 tahun.

Menurut Sabey dalam Kartika (2009) menyebutkan bahwa orang yang berusia muda lebih sering terlibat dalam suatu kecelakaan lalu lintas, baik sebagai pejalan kaki maupun pengemudi dibandingkan dengan orang yang berusia lanjut atau lebih tua. Selain itu menurut Hunter dalam Kartika (2009) separuh kecelakaan lalu lintas yang terjadi berasal dari pengemudi yang berada pada rentang usia 18-24 tahun. Hal ini bisa terjadi karena pada usia dewasa muda terdapat sikap tergesa-gesa dan kecerobohan. Selain itu, kelompok umur tersebut merupakan pengemudi pemula dengan tingkat emosi yang belum stabil serta belum berhati-hati dalam mengendarai kendaraannya. Menurut Dr. Dewi Maulina, M.Psi selaku Manager Riset dan Pengabdian Masyarakat Fakultas Psikologi Universitas Indonesia, usia merupakan salah satu faktor internal yang berpengaruh terhadap sikap agresif dan emosional seorang pengemudi (Prosiding Temu Ilmiah Psikologi UI, 2009).

Penelitian yang dilakukan oleh Goodwin,dkk. (2014) menunjukkan bahwa usia remaja menyumbang angka kecelakaan tertinggi di Texas. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan hubungan spasial titik rawan kecelakaan bagi para remaja di Houston, Texas dengan menggunakan salah satu metode spasial yaitu *Getis Ord Gi Star* yang menghasilkan

pengelompokkan daerah-daerah yang menjadi titik rawan kecelakaan bagi para pengendara remaja.

c. Persentase Pendidikan Terakhir Pelaku di Atas SMP

Hal lain yang mempengaruhi karakteristik pengemudi kendaraan adalah pendidikan terakhir pengemudi. Wahyuningtyas (2013) menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara pelaku kecelakaan yang pendidikan terakhirnya SD, SMP, SMA atau Perguruan Tinggi yang dipengaruhi oleh sikap disiplin berlalu lintas yang berbeda. Selain itu tingkat pendidikan sangat berpengaruh terhadap program peningkatan pengetahuan secara langsung dan secara tidak langsung terhadap perilaku berkendara. Pada umumnya pekerja yang berpendidikan rendah mempunyai ciri sulit untuk diajak bekerja sama dan kurang terbuka terhadap pembaharuan. Hal ini disebabkan masih adanya nilai-nilai lama yang mereka anut selama ini (Hubdat, 2006).

Pengendara yang telah menyelesaikan masa SMP dianggap memiliki etika berkendara yang lebih baik. Selain itu, kepemilikan SIM yang dominan dimiliki pengendara yang telah melewati masa SMP juga mempengaruhi etika berkendara.

d. Rasio Jenis Kelamin

Karakteristik pengemudi juga ditentukan oleh jenis kelamin pengendara. Angka kematian akibat kecelakaan lalu lintas pada pria lebih tinggi daripada wanita. Hal ini dikarenakan jenis kelamin wanita sebagai pengguna sepeda motor jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah pengguna sepeda motor pria (Hubdat,2006).

2.5.2 Faktor Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan yang dapat menjadi karakteristik terjadinya kecelakaan lalu lintas di suatu wilayah adalah lokasi kecelakaan misalnya di kawasan permukiman, keadaan alam di suatu daerah dan keadaan lingkungan pada saat kecelakaan terjadi (saat terang maupun saat gelap) (Warpani,2002).

Keadaan lingkungan saat terang maupun gelap dapat menjadi salah satu penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas. Waktu kecelakaan terbagi menjadi dua jenis yaitu pada saat terang (pukul 06.00-18.00) dan saat gelap (pukul 18.00-06.00). Hasil penelitian dengan menggunakan metode spasial elipsoidal di Inggris oleh Wedagama (2011) menyimpulkan bahwa keadaan lingkungan berpengaruh secara signifikan terhadap angka kecelakaan lalu lintas. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kecelakaan lalu lintas lebih banyak terjadi pada saat terang, yaitu pukul 08.00-09.00 (berangkat ke sekolah atau tempat kerja), pukul 13.00-14.00 (jam istirahat para pekerja), pukul 15.00-16.00 (jam pulang sekolah para siswa), pukul 17.00-18.00 (jam pulang dari tempat kerja). Hal ini menunjukkan bahwa waktu terjadinya kecelakaan berpengaruh terhadap terjadinya kecelakaan lalu lintas.

Karena adanya kondisi lingkungan yang berpengaruh pada terjadinya kecelakaan lalu lintas, maka dalam penelitian ini digunakan metode GWR. Dalam metode GWR, pengaruh spasial atau lingkungan di representasikan dengan peran garis lintang dan garis bujur di setiap kabupaten/kota. Sehingga, letak astronomis setiap kabupaten/kota di Jawa Timur mewakili faktor lingkungan sebagai salah satu faktor penyebab kecelakaan lalu lintas.

2.5.3 Faktor Kondisi Jalan

Jalan merupakan prasarana perhubungan dalam bentuk apapun meliputi seluruh bagian-bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum yang berada pada permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel (UU No. 22 Tahun 2009). Menurut Warpani (2002), menyebutkan bahwa beberapa hal yang mempengaruhi kondisi jalan sebagai penyebab kecelakaan lalu lintas adalah status jalan, fungsi jalan, dan kerusakan pada jalan.

Status jalan terbagi menjadi jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten/kota, dan jalan desa. Pada penelitian ini hanya

digunakan jalan kabupaten/kota sebagai variabel karena fokus penelitian adalah mencari model faktor penyebab kecelakaan di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur. Jalan kabupaten/kota adalah jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk pada jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan, antar ibu kota kecamatan, ibu kota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten (Statistik Transportasi, 2013).

Berdasarkan data BPS, diketahui bahwa jalan kabupaten/kota merupakan bagian terbesar yaitu 415.788 kilometer atau 81,85% dari total panjang jalan di Indonesia, namun yang memiliki kondisi baik hanya 39,97%, kondisi sedang 22,08%, rusak 22,33% dan sisanya dalam kondisi rusak berat. Kondisi jalan yang rusak dapat menyebabkan kemacetan bahkan berujung pada kecelakaan lalu lintas (Soediono dan Handoko, 2004).

Selain itu, pada penelitian ini, faktor kondisi jalan yang berpengaruh terhadap kecelakaan lalu lintas di setiap kabupaten di Jawa Timur diwakili oleh panjang jalan setiap kabupaten/kota di Jawa Timur. Data panjang jalan ini nantinya akan dibandingkan dengan jumlah kecelakaan di setiap kabupaten sehingga diperoleh variabel respon yang digunakan pada model, yaitu angka kecelakaan total per kilometer setiap tahun.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data dan Variabel Penelitian

Sumber data pada penelitian ini berasal dari Kepolisian Daerah Jawa Timur, Dinas Pekerjaan Umum Binamarga Provinsi Jawa Timur dan Badan Pusat Statistik. Data yang digunakan berasal dari tahun 2014 dan dapat dilihat pada Lampiran 1. Pembagian sumber data untuk setiap variabel dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Sumber Data Penelitian

No	Variabel	Sumber data
1.	Angka kecelakaan lalu lintas (Y)	Polda Jatim dan Dinas Pekerjaan Umum Binamarga Provinsi Jawa Timur
2.	Kepadatan penduduk (X_1)	Badan Pusat Statistik
3.	Persentase usia remaja (X_2)	Badan Pusat Statistik
4.	Persentase kecelakaan terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota (X_3)	Polda Jatim
5.	Persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan adalah di atas SMP (X_4)	Polda Jatim
6.	Rasio jenis kelamin (X_5)	Badan Pusat Statistik
7.	Persentase Kecelakaan Terjadi Pada Waktu Gelap (X_6)	Polda Jatim

3.2 Variabel Penelitian

Dalam metode *Geographically Weighted Regression*, setiap wilayah pengamatan mempunyai model yang berbeda-beda. Oleh karena itu, dalam penelitian ini variabel yang digunakan berasal dari 38 kabupaten/kota di Jawa Timur. Macam-macam variabel yang digunakan di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur serta tipe variabel yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Variabel Penelitian

No	Variabel	Tipe Variabel
1.	Angka kecelakaan lalu lintas (Y)	Kuantitatif
2.	Kepadatan penduduk (X_1)	Kuantitatif
3.	Persentase usia remaja (X_2)	Kuantitatif
4.	Persentase kecelakaan terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota (X_3)	Kuantitatif
5.	Persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan adalah di atas SMP (X_4)	Kuantitatif

6.	Rasio jenis kelamin (X_5)	Kuantitatif
7.	Persentase Kecelakaan Terjadi Pada Waktu Gelap (X_6)	Kuantitatif

Berikut merupakan penjelasan singkat dari variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini yang tercantum pada Tabel 3.2

1. Angka kecelakaan lalu lintas

Merupakan jumlah kecelakaan lalu lintas per panjang jalan di tiap kabupaten/kota. Secara matematis dituliskan sebagai berikut (Widyasih,2003).

$$T = \frac{A}{L} \times 100$$

dimana

T : Angka kecelakaan lalu lintas setiap tahun

A : Jumlah kecelakaan yang terjadi satu tahun (2014)

L : Panjang jalan yang diamati di setiap kabupaten/kota (km)

2. Kepadatan penduduk

Kepadatan penduduk adalah banyaknya jumlah penduduk per satuan luas (BPS). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$\text{Kepadatan penduduk} = \frac{\text{Jumlah penduduk suatu wilayah}}{\text{Luas wilayah}}$$

3. Persentase usia remaja di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur
Remaja adalah mereka yang berada pada tahap transisi antara masa kanak-kanak dan dewasa yang berusia 11-20 tahun (BPS,2014). Penghitungan persentase remaja di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur diperoleh dengan cara sebagai berikut.

$$\% \text{remaja} = \frac{\text{Jumlah penduduk berusia 11 - 20 tahun di tiap kabupaten/kota}}{\text{Jumlah seluruh penduduk di tiap kabupaten/kota}} \times 100\%$$

4. Persentase kecelakaan terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota di setiap Kabupaten di Jawa Timur

Secara matematis, variabel X_3 dapat diperoleh dengan cara berikut.

$$X_3 = \frac{\text{Jumlah kecelakaan terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota}}{\text{Jumlah seluruh kejadian kecelakaan di kabupaten/kota}} \times 100\%$$

5. Persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan di atas SMP (SMA, Perguruan Tinggi, dan lain-lain)

Secara matematis, variabel X_4 dapat diperoleh dengan cara berikut.

$$X_4 = \frac{\text{Jumlah pendidikan terakhir pelaku kecelakaan di atas SMP}}{\text{Jumlah seluruh kejadian kecelakaan di kabupaten/kota}} \times 100\%$$

6. Rasio Jenis Kelamin

Secara matematis, rasio jenis kelamin dapat dirumuskan sebagai berikut (BPS):

$$SR = \frac{P_L}{P_W} \times 100$$

dimana:

SR : Rasio jenis kelamin

P_L : Jumlah penduduk berjenis kelamin laki-laki

P_W : Jumlah penduduk berjenis kelamin wanita

7. Persentase Kecelakaan Terjadi Pada Waktu Gelap

Secara matematis, variabel X_6 dapat diperoleh dengan cara berikut.

$$X_6 = \frac{\text{Jumlah kecelakaan terjadi pada pukul 18.00–06.00}}{\text{Jumlah seluruh kejadian kecelakaan di kabupaten/kota}} \times 100\%$$

3.3 Struktur Data Penelitian

Pada penelitian ini digunakan metode GWR untuk memodelkan faktor-faktor penyebab kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur. Terdapat satu variabel respon (Y) dan 6 variabel prediktor. Struktur data dalam penelitian ini ditampilkan pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Struktur Data Penelitian GWR

Kabupaten/Kota	u	v	Y	X_1	X_2	X_3	...	X_6
Pacitan	u_1	v_1	Y_1	$X_{1.1}$	$X_{2.1}$	$X_{3.1}$...	$X_{6.1}$
Ponorogo	u_2	v_2	Y_2	$X_{1.2}$	$X_{2.2}$	$X_{3.2}$...	$X_{6.2}$
Trenggalek	u_3	v_3	Y_3	$X_{1.3}$	$X_{2.3}$	$X_{3.3}$...	$X_{6.3}$
.
.
.
Sumenep	u_{38}	v_{38}	Y_{38}	$X_{1.38}$	$X_{2.38}$	$X_{3.38}$...	$X_{6.38}$

3.4 Langkah Analisis

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Geographically Weighted Regression*. Berikut adalah langkah-langkah analisis yang digunakan dalam melakukan penelitian ini sesuai dengan tujuan penelitian pada Bab 1.

1. Mendeskripsikan angka kecelakaan lalu lintas dan faktor yang mempengaruhinya di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur
 - a. Mendeskripsikan data dengan menggunakan statistika deskriptif dan peta tematik menjadi 5 kategori (sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi) dengan menggunakan metode *Natural Break* kecuali untuk variabel rasio jenis kelamin hanya dibagi menjadi 2 kategori sebagai gambaran tentang kecelakaan lalu lintas yang terjadi di Jawa Timur dan faktor-faktor yang mempengaruhinya
2. Memodelkan faktor penyebab kecelakaan lalu lintas di Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression*
 - a. Menguji multikolinearitas pada setiap variabel prediktor dengan menggunakan nilai VIF
 - b. Memodelkan menggunakan regresi *Ordinary Least Square*
 - c. Memeriksa heterogenitas spasial dengan menggunakan statistik uji Breusch-Pagan
 - d. Memeriksa dependensi aspek spasial dengan menggunakan statistik uji Morans'I
 - e. Melakukan pemodelan GWR berdasarkan pembobot terbaik
 - f. Mendapatkan estimasi parameter untuk model GWR pada masing-masing lokasi.
 - g. Melakukan perbandingan model GWR dan OLS.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai karakteristik angka kecelakaan lalu lintas di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur, pemetaan angka kecelakaan lalu lintas dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya. Selanjutnya faktor-faktor tersebut akan dimodelkan terhadap angka kecelakaan lalu lintas dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square*, kemudian akan dilakukan pengujian aspek spasial dari variabel respon dan prediktor untuk dilakukan pemodelan dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression*.

4.1 Karakteristik Angka Kecelakaan Lalu Lintas dan Faktor-faktor yang Diduga Mempengaruhinya

Sebelum melakukan pemodelan dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* dan *Geographically Weighted Regression*, terlebih dahulu dilakukan analisis secara deskriptif untuk mengetahui karakteristik variabel yang digunakan. Statistika deskriptif pada setiap variabel yang digunakan dalam analisis dapat dilihat pada Tabel 4.1 yang merujuk pada Lampiran 2.

Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Variabel dalam Analisis

Variabel	Rata-rata	Koefisien Varians	Minimum	Maksimum
Y	81,10	103,23	6,90	442,00
X ₁	1817,00	2591,58	387,00	8562,00
X ₂	16,29	0,15	14,48	21,40
X ₃	38,46	12,99	0,00	100,00
X ₄	66,81	5,44	15,45	90,80
X ₅	97,09	0,07	90,65	101,20
X ₆	36,18	1,46	16,48	48,25

Tabel 4.1 menunjukkan nilai rata-rata, koefisien varians, minimum dan maksimum setiap variabel yang digunakan dalam penelitian. Berdasarkan Tabel 4.1, dapat diketahui nilai rata-rata angka kecelakaan lalu lintas di Provinsi Jawa Timur adalah 81,11. Hal ini berarti pada tahun 2014, angka kecelakaan lalu lintas Jawa Timur cukup tinggi yaitu di setiap 100 kilometer rata-rata terjadi 81,11 atau 82 kecelakaan lalu lintas. Terdapat 24 kabupaten/kota

di Jawa Timur yang memiliki angka kecelakaan lalu lintas lebih tinggi dari rata-rata dan 14 kabupaten/kota di Jawa Timur yang memiliki angka kecelakaan lalu lintas lebih rendah dari rata-rata. Pada Tabel 4.1 ditunjukkan nilai minimum kecelakaan setiap 100 kilometer sebesar 6,9 atau 7 jenis kecelakaan yaitu di Kabupaten Sumenep dan nilai maksimum kecelakaan setiap 100 kilometer sebesar 442 kecelakaan yaitu di Kota Pasuruan.

Jawa Timur merupakan salah satu Provinsi yang memiliki kepadatan penduduk tertinggi di Indonesia. Rata-rata kepadatan penduduk di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur pada tahun 2014 sebesar 1817. Hal ini menunjukkan bahwa dalam setiap kilometer persegi, rata-rata daerah di Jawa Timur ditempati oleh 1817 jiwa. Terdapat 9 kabupaten/kota di Jawa Timur yang memiliki kepadatan penduduk di atas 1817 jiwa/km² dan 29 kabupaten/kota yang memiliki kepadatan penduduk kurang dari 1817 jiwa/km². Tabel 4.1 menunjukkan nilai minimum kepadatan penduduk sebesar 387 jiwa/km² di Kabupaten Pacitan dan nilai maksimum sebesar 8562 jiwa/km² di Kota Surabaya.

Usia remaja merupakan kelompok umur dengan penyumbang kecelakaan tertinggi. Oleh karena itu, persentase usia remaja di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur diduga berpengaruh dalam menentukan angka kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur. Berdasarkan Tabel 4.1, diketahui bahwa rata-rata persentase usia remaja di Provinsi Jawa Timur sebesar 16,29 persen. Terdapat 23 kabupaten/kota yang memiliki persentase usia remaja di bawah 16,29 persen dan 15 kabupaten/kota yang memiliki persentase usia remaja di atas rata-rata persentase usia remaja di Jawa Timur. Tabel 4.1 menunjukkan nilai persentase usia remaja minimum sebesar 14,48 persen di Kabupaten Madiun dan persentase maksimum sebesar 21,40 persen di Kabupaten Sampang.

Kawasan jalan Kabupaten/Kota merupakan salah satu kawasan jalan yang memiliki lalu lintas padat, sehingga banyaknya kecelakaan lalu lintas yang terjadi di kawasan tersebut diduga dapat digunakan untuk memodelkan angka kecelakaan

lalu lintas/kilometer di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur. Berdasarkan Tabel 4.1, diperoleh bahwa pada tahun 2014 terdapat rata-rata sebanyak 38,46 persen kecelakaan terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota di Jawa Timur. Terdapat 24 kabupaten/kota di Jawa Timur yang memiliki persentase kecelakaan di kawasan kabupaten/kota di bawah rata-rata dan 14 kabupaten/kota yang memiliki persentase kecelakaan di kawasan kabupaten/kota lebih dari 38,46 persen. Berdasarkan Tabel 4.1 diperoleh nilai minimum sebesar 0 persen di Kabupaten Pacitan atau tidak ada kecelakaan yang terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota dan maksimum sebesar 100 persen di Kabupaten Kediri atau seluruh kecelakaan yang terjadi di Kabupaten Kediri terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota.

Perilaku berkendara dipengaruhi oleh tingkat pendidikan terakhir yang dicapai. Wahyuningtyas (2013) menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara pelaku kecelakaan yang pendidikan terakhirnya SD, SMP, SMA atau Perguruan Tinggi. Berdasarkan Tabel 4.1, dapat diperoleh bahwa persentase rata-rata pelaku kecelakaan di atas SMP di Jawa Timur adalah 66,81 persen. Terdapat 16 kabupaten/kota yang memiliki persentase pelaku kecelakaan di atas SMP di bawah rata-rata dan 22 kabupaten/kota yang memiliki persentase pelaku kecelakaan di atas SMP di atas rata-rata. Tabel 4.1 menunjukkan nilai minimum sebesar 15,45 persen di Kabupaten Sampang dan maksimum sebesar 90,80 persen di Kabupaten Trenggalek.

Rasio jenis kelamin diduga berpengaruh terhadap angka kecelakaan lalu lintas. Berdasarkan Tabel 4.1, dapat diketahui bahwa rata-rata rasio jenis kelamin di Provinsi Jawa Timur sebesar 97,09 atau menunjukkan bahwa rata-rata jenis kelamin paling dominan di kabupaten/kota di Jawa Timur adalah perempuan dengan nilai minimum sebesar 90,65 di Kabupaten Sumenep dan maksimum sebesar 101,20 di Kota Batu.

Pencahayaan juga merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada kecelakaan lalu lintas. Kurangnya cahaya matahari menyebabkan pengemudi kekurangan fokus sehingga

kecelakaan lalu lintas lebih rentan terjadi. Berdasarkan Tabel 4.1, dapat diketahui bahwa rata-rata persentase kecelakaan lalu lintas terjadi pada waktu gelap di setiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur adalah sebesar 36,18 persen. Terdapat 19 kabupaten/kota yang memiliki persentase kecelakaan terjadi pada waktu gelap di bawah rata-rata. Selain itu, Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai minimum persentase kecelakaan terjadi pada waktu gelap sebesar 16,48 persen di Kabupaten Pacitan dan nilai maksimum sebesar 48,25 persen di Kabupaten Banyuwangi.

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa koefisien varians untuk variabel kepadatan penduduk lebih tinggi dibanding variabel lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa variabel kepadatan penduduk merupakan variabel yang paling beragam dalam pengamatan ini.

4.1.1 Angka Kecelakaan Lalu Lintas

Untuk mengetahui pengelompokan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan angka kecelakaan lalu lintas sepanjang tahun 2014 dapat digunakan peta tematik. Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi menjadi 5 kelompok metode *Natural Break*.



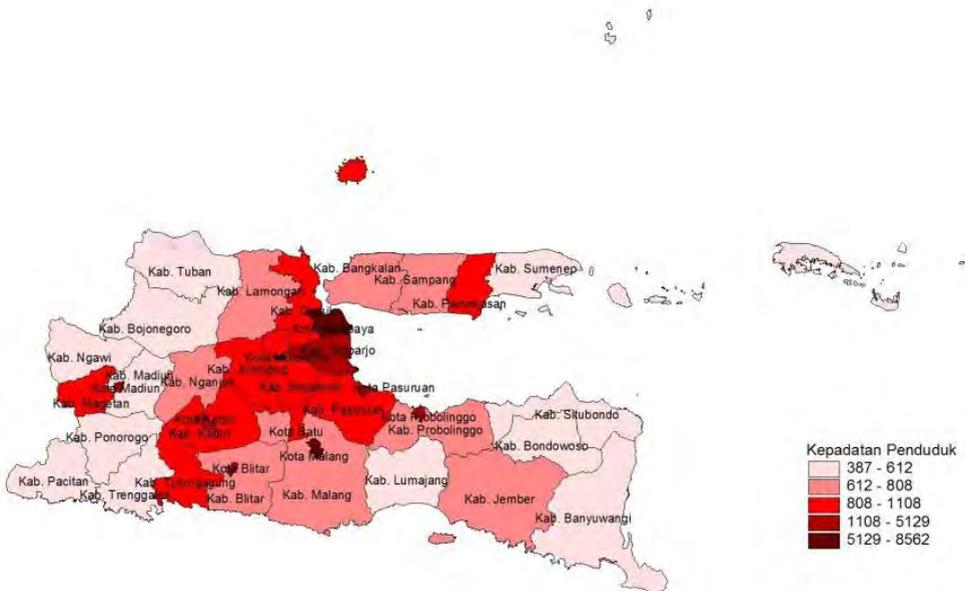
Gambar 4.1 Persebaran Angka Kecelakaan Lalu Lintas di Jawa Timur Tahun 2014

Daerah yang memiliki angka kecelakaan paling tinggi ditandai dengan warna biru tua dan angka kecelakaan paling rendah ditandai dengan warna hijau muda seperti terlihat pada Gambar 4.1. Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa angka kecelakaan lalu lintas menunjukkan pola daerah yang memiliki kategori sama cenderung mengelompok. Gambar 4.1 membagi kondisi angka kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur menjadi lima kategori yaitu sangat rendah (6,888-33,365 kecelakaan), rendah (33,365-60,22 kecelakaan), sedang (60,22-125,134 kecelakaan), tinggi (125,134-200,733 kecelakaan) dan sangat tinggi (200,733-441,963 kecelakaan). Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa hampir seluruh kabupaten/kota yang terletak di sebelah timur dan selatan Provinsi Jawa Timur termasuk dalam daerah yang memiliki angka kecelakaan dengan kategori sangat rendah hingga rendah.

Kota Pasuruan dan Kota Mojokerto merupakan dua wilayah di Jawa Timur yang memiliki angka kecelakaan sangat tinggi. Sedangkan, Kabupaten Tuban dan Kabupaten Lamongan memiliki angka kecelakaan dengan kategori tinggi di Jawa Timur. Daerah-daerah yang tergolong memiliki kategori angka kecelakaan sedang hingga sangat tinggi cenderung mengelompok di bagian barat laut Provinsi Jawa Timur.

4.1.2 Kepadatan Penduduk

Pengelompokan kepadatan penduduk sebagai salah satu variabel yang diduga mempengaruhi angka kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur bertujuan untuk memisahkan daerah mana saja yang memiliki karakteristik kepadatan penduduk yang berbeda. Berdasarkan Gambar 4.2 dapat terlihat pembagian wilayah Jawa Timur menjadi 5 kategori berdasarkan kepadatan penduduk. Daerah dengan kepadatan penduduk sangat tinggi ditandai dengan warna coklat tua dan daerah dengan kepadatan penduduk sangat rendah di Jawa Timur ditandai dengan warna merah muda.



Gambar 4.2 Persebaran Kepadatan Penduduk di Jawa Timur Tahun 2014

Gambar 4.2 menunjukkan persebaran kepadatan penduduk di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2014 yang terbagi menjadi lima kategori. Berdasarkan Gambar 4.2 terlihat bahwa kepadatan penduduk kategori sedang hingga tinggi terletak di bagian tengah Provinsi Jawa Timur, sedangkan daerah yang mengelilingi Provinsi Jawa Timur cenderung memiliki kepadatan penduduk sangat rendah hingga rendah, kecuali Kabupaten Magetan dan Kabupaten Pamekasan yang memiliki kepadatan penduduk kategori sedang.

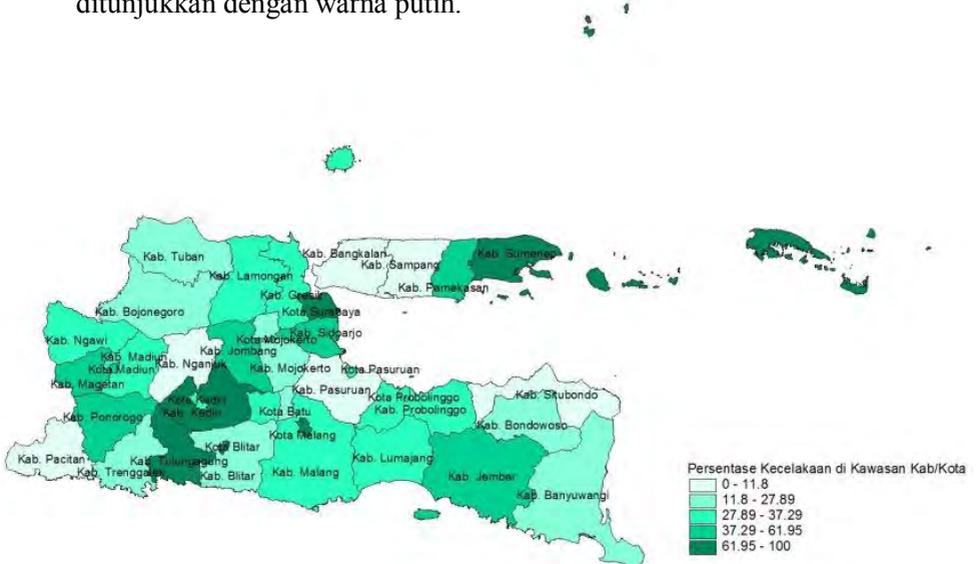
Daerah yang termasuk dalam kategori kepadatan penduduk tertinggi di Jawa Timur adalah Kota Malang, Kota Mojokerto dan Kota Surabaya. Pada Gambar 4.2 juga terlihat jelas bahwa daerah perkotaan masih memiliki daya tarik tersendiri bagi masyarakat sehingga mengakibatkan seluruh daerah perkotaan di Jawa Timur masuk ke dalam kategori kepadatan penduduk sedang hingga sangat tinggi.

kabupaten di Pulau Madura, yaitu di Kabupaten Bangkalan, Kabupaten Sampang dan Kabupaten Pamekasan. Sedangkan daerah yang memiliki persentase usia remaja dengan kategori tinggi terletak di Kabupaten Kediri, Kabupaten Pasuruan, Kota Pasuruan dan Kota Malang.

4.1.4 Persentase Kecelakaan Terjadi di Kawasan Jalan

Kabupaten/Kota

Kawasan jalan kabupaten/kota merupakan kawasan jalan yang paling sering digunakan di kabupaten/kota jika dibandingkan dengan jalan nasional, jalan provinsi maupun jalan desa. Gambar 4.4 menunjukkan pembagian kabupaten/kota di Jawa Timur menjadi 5 kategori. Kategori persentase kecelakaan terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota sangat tinggi ditunjukkan dengan warna hijau tua sedangkan kategori sangat rendah ditunjukkan dengan warna putih.

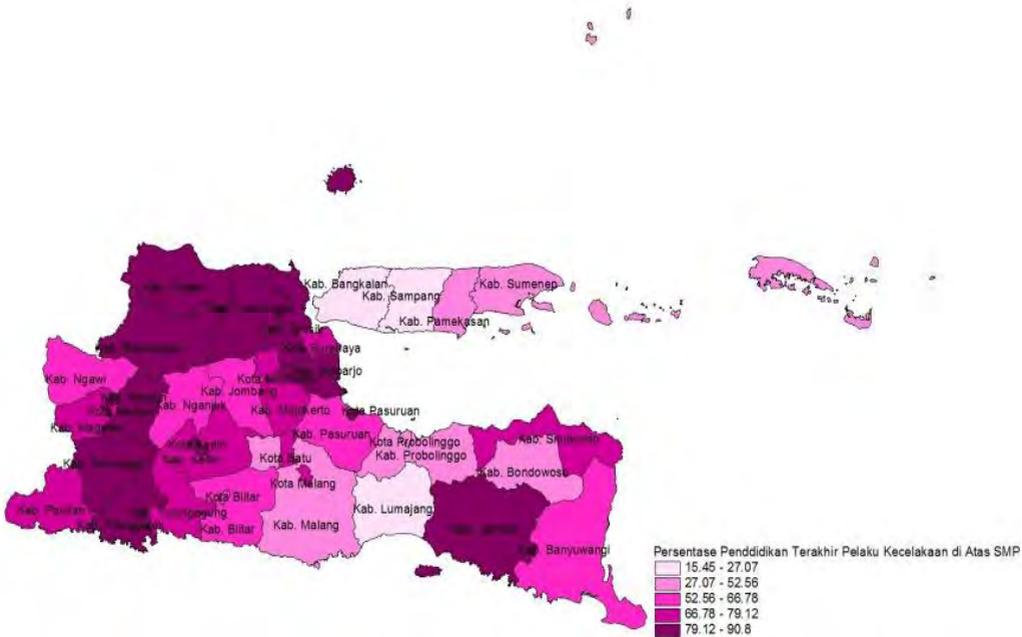


Gambar 4.4 Persebaran Persentase Kecelakaan Terjadi di Kawasan Jalan Kabupaten/ Kota di Jawa Timur Tahun 2014

Gambar 4.4 menunjukkan persebaran persentase kecelakaan terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur menjadi lima kategori. Berdasarkan Gambar 4.4 dapat terlihat bahwa kecelakaan yang terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota menunjukkan pola yang menyebar. Daerah yang pada tahun 2014 memiliki persentase kecelakaan yang terjadi di kawasan jalan kabupaten/ kota dengan kategori sangat tinggi (61,95-100 persen) adalah Kabupaten Sumenep, Kota Surabaya, Kota Malang, Kabupaten Kediri, dan Kabupaten Tulungagung. Sedangkan daerah yang memiliki persentase kecelakaan yang terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota dengan kategori sangat rendah berada di Kabupaten Pacitan, Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Situbondo, Kabupaten Bangkalan, dan Kabupaten Sampang.

4.1.5 Persentase Pendidikan Terakhir Pelaku Kecelakaan di Atas SMP

Pengendara yang telah menyelesaikan masa SMP dianggap memiliki etika berkendara yang lebih baik, selain itu kepemilikan SIM juga diperoleh saat berusia 17 tahun atau kebanyakan setelah menyelesaikan masa SMP. Pembagian persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan di atas SMP di kabupaten/kota di Jawa Timur menjadi 5 kategori bertujuan untuk mengetahui pengelompokan daerah mana saja di Jawa Timur berdasarkan tingkat pendidikan pelaku kecelakaannya. Daerah dengan persentase pelaku kecelakaan di atas SMP sangat tinggi ditandai dengan warna ungu tua dan sangat rendah ditandai dengan warna putih.



Gambar 4.5 Persebaran Persentase Pendidikan Terakhir Pelaku Kecelakaan di Atas SMP di Jawa Timur Tahun 2014

Gambar 4.5 menunjukkan persebaran persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan di atas SMP di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2014 menjadi lima kategori. Berdasarkan gambar tersebut dapat terlihat bahwa persebaran persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan di atas SMP di Provinsi Jawa Timur menunjukkan pola yang menyebar. Daerah yang memiliki persentase pelaku kecelakaan memiliki pendidikan terakhir di atas SMP dengan kategori sangat tinggi terletak di Kabupaten Tuban, Kabupaten Lamongan, Kabupaten Gresik, Kabupaten Sidoarjo, Kota Pasuruan, Kabupaten Madiun, Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Trenggalek, Kota Kediri, Kota Pasuruan dan Kabupaten Jember. Hal ini menunjukkan bahwa di daerah lainnya di Jawa Timur, kecelakaan lalu lintas disebabkan

Gambar 4.6 menunjukkan persebaran persentase rasio jenis kelamin di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2014 menjadi lima kategori. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa penyebaran rasio jenis kelamin di Provinsi Jawa Timur tidak menunjukkan pola tertentu. Rasio jenis kelamin di peroleh dengan jumlah penduduk berjenis kelamin laki-laki dibagi jumlah penduduk berjenis kelamin perempuan kemudian dikali 100, sehingga jika diperoleh angka lebih dari 100 menunjukkan bahwa di daerah tersebut jumlah laki-laki lebih banyak dari jumlah perempuan. Berdasarkan Gambar 4.6 dapat terlihat bahwa di Provinsi Jawa Timur jumlah penduduk perempuan lebih banyak dibandingkan jumlah penduduk laki-laki. Hanya beberapa daerah yang memiliki jumlah penduduk laki-laki lebih banyak dibandingkan perempuan, yaitu Kota Batu, Kabupaten Blitar, Kabupaten Kediri, Kabupaten Malang, dan Kabupaten Sidoarjo.

4.1.7 Persentase Kecelakaan Terjadi pada Waktu Gelap

Cahaya matahari merupakan salah satu faktor yang berperan dalam aktivitas berkendara. Pada penelitian ini digunakan salah satu variabel prediktor yaitu kecelakaan yang terjadi pada saat tidak ada cahaya matahari yaitu pukul (18.00-06.00). Gambar 4.7 menunjukkan persebaran persentase kecelakaan terjadi pada waktu gelap menjadi 5 kategori. Daerah dengan kategori sangat tinggi ditandai dengan warna coklat kehitaman dan daerah dengan kategori sangat rendah ditandai dengan warna putih. Berdasarkan Gambar 4.7, dapat diketahui bahwa persebaran kecelakaan yang terjadi pada waktu gelap tidak menunjukkan pola tertentu. Kabupaten Pacitan, Kabupaten Lumajang dan Kabupaten Bangkalan merupakan daerah dengan persentase kecelakaan terjadi pada waktu gelap sangat rendah. Sedangkan, Kabupaten Ngawi, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Blitar, Kabupaten Jombang, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Sidoarjo, Kota Mojokerto dan Kabupaten Banyuwangi merupakan daerah dengan kategori persentase kecelakaan terjadi pada waktu gelap sangat tinggi.



Gambar 4.7 Persebaran Persentase Kecelakaan Terjadi pada Waktu Gelap

4.2 Pemodelan Angka Kecelakaan Lalu Lintas di Jawa Timur

Pada bagian ini akan dilakukan pemodelan angka kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression (GWR)*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang telah memenuhi asumsi residual berdistribusi Normal. Oleh karena itu, sebelum dilakukan pemodelan GWR terlebih dahulu dilakukan pengujian asumsi residual terhadap model *Ordinary Least Square (OLS)*. Setelah dilakukan pemodelan, selanjutnya dilakukan perbandingan antara metode *Ordinary Least Square* dan *Geographically Weighted Regression*.

4.2.1 Pengujian Asumsi Residual Berdistribusi Normal

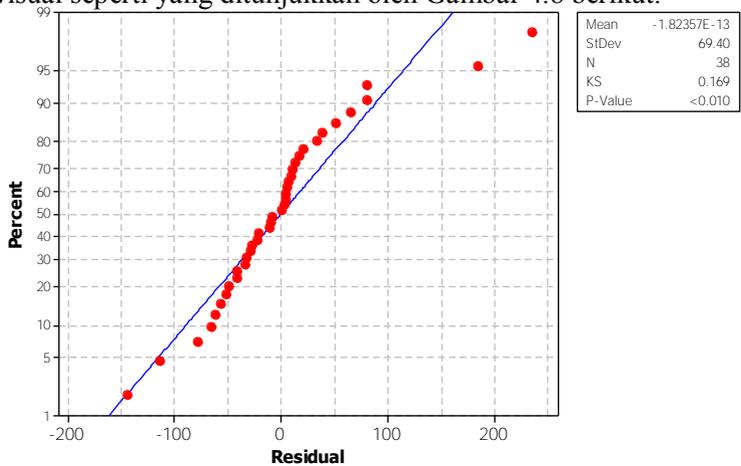
Salah satu persyaratan dalam pemodelan dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* adalah terpenuhinya asumsi residual Normal.

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian asumsi residual berdistribusi Normal ini adalah sebagai berikut.

$H_0 : F_n(y) = F_0(y)$ (residual berdistribusi Normal)

$H_1 : F_n(y) \neq F_0(y)$ (residual tidak berdistribusi Normal)

Pengujian asumsi residual Normal digunakan untuk menguji apakah dalam model regresi, data memiliki distribusi Normal. Berdasarkan uji Kolmogorov Smirnov, diperoleh *P-value* sebesar $< 0,010$ atau tolak H_0 yang berarti berdasarkan persamaan (2.10) residual tidak berdistribusi normal. Hal tersebut diperkuat secara visual seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.8 berikut.

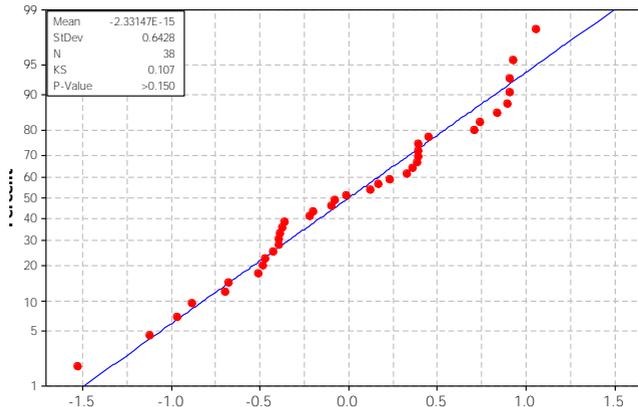


Gambar 4.8 Bagan Pengecekan Asumsi Residual Normal

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat terlihat bahwa data tidak mengikuti garis regresi yang menunjukkan bahwa data tersebut tidak mengikuti asumsi residual berdistribusi Normal. Salah satu cara mengatasi data yang tidak memenuhi asumsi distribusi residual Normal adalah dengan melakukan transformasi. Pada penelitian ini, transformasi dilakukan terhadap data dengan mentransformasi nilai variabel respon menjadi $\ln(y)$.

Setelah dilakukan transformasi terhadap variabel respon, diperoleh *P-value Kolmogorov Smirnov* sebesar $> 0,150$ yang dapat dilihat pada Gambar 4.9. Nilai ini lebih besar dari nilai α

sebesar 0,05 sehingga diputuskan gagal tolak H_0 atau data yang digunakan memenuhi asumsi Residual berdistribusi Normal.



Gambar 4.9 Bagan Pengecekan Asumsi Residual Normal Setelah Transformasi

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat terlihat bahwa data mengikuti garis regresi yang menunjukkan bahwa data tersebut mengikuti asumsi residual normal. Setelah salah satu syarat pemodelan *Geographically Weighted Regression* terpenuhi, selanjutnya dilakukan pemodelan dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon sebelum dilakukan pemodelan dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR).

4.2 .2Pemodelan Regresi *Ordinary Least Square* (OLS) Angka Kecelakaan Lalu Lintas

Sebelum melakukan pemodelan dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS), dilakukan pengujian asumsi multikolinearitas dengan melihat nilai VIF (*variance inflation factors*). Multikolinearitas merupakan suatu keadaan dimana nilai mutlak korelasi antara variabel respon dengan variabel prediktor lebih kecil dibanding nilai mutlak korelasi antara variabel prediktor. Nilai VIF yang kurang dari 10 menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi antar variabel prediktor. Berdasarkan Tabel 4.2 yang merujuk pada Lampiran 3, dapat terlihat bahwa nilai VIF seluruh variabel kurang dari 10, hal

ini menunjukkan bahwa tidak terdapat multikolinearitas pada data yang digunakan, sehingga dapat dilanjutkan pada pemodelan dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS).

Tabel 4.2 Nilai VIF Variabel Prediktor

Kode	Variabel	Nilai VIF
X ₁	Kepadatan Penduduk	1,271
X ₂	Persentase Usia Remaja	1,491
X ₃	Persentase Kecelakaan Terjadi di Kawasan Jalan Kabupaten/Kota	1,219
X ₄	Persentase Pendidikan Terakhir Pelaku Kecelakaan Lebih Dari SMP	1,797
X ₅	Rasio Jenis Kelamin	1,521
X ₆	Persentase Kecelakaan Terjadi pada Waktu Gelap	1,326

Secara umum, model regresi OLS dapat ditulis sebagai berikut.

$$y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^7 \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i$$

Berdasarkan Lampiran 3, diperoleh model regresi OLS sebagai berikut.

$$\ln(y) = 3,62 + 0,000179 x_1 + 0,101 x_2 - 0,00607 x_3 + 0,0247 x_4 - 0,0418 x_5 + 0,0288 x_6$$

$$\hat{y} = e^{3,62+0,000179 x_1+0,101 x_2-0,00607 x_3+0,0247 x_4-0,0418 x_5+0,0288 x_6}$$

Model tersebut menjelaskan bahwa untuk setiap kenaikan kepadatan penduduk sebesar satu jiwa/km² akan menaikkan angka kecelakaan lalu lintas/100 kilometer sebesar $e^{0,000179} = 1,000179 \approx 1$ kejadian bila faktor yang lain tetap. Angka kecelakaan lalu lintas/ 100 kilometer akan naik sebesar $e^{0,101} = 1,106277 \approx 1$ kejadian jika persentase usia remaja naik sebesar 1 persen dan faktor yang lain tetap. Untuk setiap kenaikan persentase kecelakaan terjadi di kawasan kabupaten/kota sebesar 1 persen, maka akan menurunkan angka kecelakaan lalu lintas/kilometer sebesar $e^{0,00607} = 1,00608846 \approx 1$ jika faktor yang lain tetap. Selain itu, angka kecelakaan lalu lintas/ 100 kilometer akan naik sebesar $e^{0,0247} = 1,025008 \approx 1$ kejadian jika persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan lalu lintas di atas SMP naik sebesar 1 persen. Selanjutnya, angka kecelakaan lalu lintas/ 100 kilometer akan turun sebesar $e^{0,0418} = 1,042685921 \approx 1$ kejadian jika rasio jenis kelamin naik sebesar 0,1 satuan. Serta jika persentase kecelakaan terjadi pada waktu gelap naik sebesar 1 persen, maka akan menaikkan angka

kecelakaan lalu lintas/100 kilometer sebesar $e^{0,0288} = 1,029219 \approx 1$ kejadian kecelakaan.

Setelah terbentuk model, langkah selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi parameter. Terdapat dua pengujian signifikansi parameter pada metode OLS, yaitu pengujian signifikansi parameter secara serentak dan pengujian signifikansi parameter secara parsial.

Tabel 4.3 Analisis Varians Model Regresi Linear Berganda

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Kuadrat	F	P-value
Regresi	6	14,8414	2,4736	5,02	0,001
Error	31	15,2898	0,4932		
Total	37	30,1312			

Uji parameter secara serentak merupakan uji untuk mengetahui apakah semua variabel prediktor yang dimasukkan ke dalam model memberikan pengaruh signifikan secara bersama-sama terhadap model. Berdasarkan persamaan (2.4), digunakan hipotesis untuk pengujian parameter secara serentak sebagai berikut:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_7 = 0$$

$$H_1: \text{minimal ada } \beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, 7$$

Tabel 4.3 menunjukkan analisis varians model regresi linear berganda berdasarkan hasil yang diperoleh pada Lampiran 3. Berdasarkan Tabel 4.3, diperoleh informasi untuk melakukan pengujian model regresi linear berganda secara serentak. Diperoleh P-value sebesar 0,001 atau kurang dari nilai α (0,05) sehingga disimpulkan tolak H_0 yang artinya minimal ada satu variabel prediktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon.

Berdasarkan hasil dari pengujian signifikansi parameter secara serentak, selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi parameter secara parsial untuk mengetahui variabel mana saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, 7$$

Tabel 4.4 Uji Signifikansi Parameter Secara Parsial

Variabel	P-value
Kepadatan Penduduk	0,006
Persentase Usia Remaja	0,273
Persentase Kecelakaan Terjadi di Kawasan Jalan Kabupaten/Kota	0,296
Persentase Pendidikan Terakhir Pelaku Kecelakaan Lebih Dari SMP	0,005
Rasio Jenis Kelamin	0,459
Persentase Kecelakaan Terjadi pada Waktu Gelap	0,125

Berdasarkan Tabel 4.4 yang merujuk pada Lampiran 3, diketahui nilai signifikansi setiap variabel prediktor yang digunakan dalam penelitian. Variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon adalah yang memiliki *P-value* $< \alpha$. Dengan taraf signifikansi sebesar 0,05 maka diperoleh dua variabel prediktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon yaitu kepadatan penduduk dan persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan lebih dari SMP.

4.2.3 Pengujian Aspek Spasial

Setelah mengetahui variabel mana saja yang signifikan mempengaruhi variabel respon, dilakukan pengujian aspek spasial pada data yang digunakan. Pengujian aspek spasial dilakukan dengan dua langkah yaitu pengujian heterogenitas spasial (pengujian Breusch Pagan) dan pengujian dependensi spasial (pengujian Moran's I).

a. Pengujian Heterogenitas Spasial

Pengujian heterogenitas spasial dilakukan untuk mengetahui adanya keberagaman dalam hubungan secara kewilayahan. Heterogenitas spasial dapat diidentifikasi dengan menggunakan pengujian *Breusch Pagan*. Hipotesis yang digunakan berdasarkan persamaan (2.11) adalah sebagai berikut.

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_{38}^2$ (tidak terdapat heterogenitas spasial)

H_1 : minimal ada satu $\sigma_i^2 \neq \sigma^2$ (ada heterogenitas spasial)

Berdasarkan Lampiran 4, diperoleh *p-value* pengujian *Breusch Pagan* sebesar 0,009. Dengan menggunakan taraf signifikansi sebesar 0,05 maka diputuskan tolak H_0 atau terdapat heterogenitas spasial pada data yang diamati.

b. Pengujian Dependensi Spasial

Pengujian *Moran's I* merupakan pengujian yang dilakukan untuk melihat apakah pengamatan di suatu lokasi berpengaruh terhadap pengamatan di lokasi lain yang letaknya saling berdekatan. Hipotesis yang digunakan pada pengujian ini adalah sebagai berikut.

$H_0 : I=0$ (tidak ada dependensi spasial)

$H_1 : I \neq 0$ (terdapat dependensi spasial)

Berdasarkan Lampiran 5, diketahui bahwa pada penelitian ini diperoleh *p-value* sebesar 0,03 atau kurang dari α sebesar 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa tolak H_0 atau terdapat dependensi spasial pada pengamatan.

4.2.4 Pemodelan *Geographically Weighted Regression*

Setelah aspek dependensi spasial dan heterogenitas spasial terpenuhi, selanjutnya dilakukan pemilihan pembobot optimum yang akan dimasukkan dalam pemodelan GWR. Pembobot optimum yang terpilih menentukan nilai *bandwidth* yang digunakan. Penentuan nilai *bandwidth* merupakan sesuatu yang sangat penting. Nilai *bandwidth* yang sangat kecil akan menyebabkan varians menjadi semakin besar. Hal itu dikarenakan jika *bandwidth* sangat kecil maka akan semakin sedikit pengamatan yang berada dalam radius b , sehingga model yang diperoleh akan sangat kasar (*under smoothing*) karena hasil estimasi dengan menggunakan sedikit pengamatan. Sebaliknya, nilai *bandwidth* yang besar dapat menimbulkan bias yang semakin besar. Jika *bandwidth* sangat besar maka akan semakin banyak pengamatan yang berada dalam radius b , sehingga model yang diperoleh akan terlampaui halus (*oversmoothing*), karena hasil estimasi dengan menggunakan banyak pengamatan.

Dalam melakukan pemilihan pembobot optimum terdapat tiga fungsi Kernel yang akan dibandingkan, yaitu *Gaussian*, *Bisquare* dan *Tricube*. Masing-masing dari fungsi Kernel tersebut memiliki fungsi pembobot Kernel *fixed* dan *adaptive*. Fungsi Kernel *Fixed* memiliki *bandwidth* yang sama untuk semua lokasi

pengamatan, sedangkan fungsi Kernel *adaptive* memiliki *bandwidth* yang berbeda-beda di setiap lokasi pengamatan.

Tabel 4.5 Pemilihan Pembobot Optimum

Fungsi Pembobot	CV minimum	Bandwidth
<i>Fixed Gaussian</i>	24,03484	3,551274
<i>Adaptive Gaussian</i>	23,88938	0,7368411
<i>Fixed Bisquare</i>	23,71636	1,673124
<i>Adaptive Bisquare</i>	24,89006	0,7631708
<i>Fixed Tricube</i>	23,81214	1,714153
<i>Adaptive Tricube</i>	25,28998	0,76316

Salah satu kriteria pembobot terbaik adalah dengan meminimumkan nilai CV. Berdasarkan Tabel 4.5, dapat diketahui bahwa nilai CV paling minimum diperoleh dengan menggunakan fungsi pembobot *Fixed Bisquare*, yaitu dengan CV minimum sebesar 23,71636 dan *bandwidth* sebesar 1,673124. Pemodelan *Geographically Weighted Regression* dilakukan dengan memasukkan pembobot spasial dengan metode *weighted least square*. Matriks pembobot yang digunakan merupakan matriks yang elemennya merupakan fungsi kernel yang terdiri dari jarak antar lokasi dan *bandwidth*. Oleh karena itu, langkah yang harus dilakukan sebelum menghitung matriks pembobot adalah menghitung jarak antar lokasi pengamatan (jarak *euclidean*) berdasarkan garis lintang dan garis bujur setiap kabupaten/kota di Jawa Timur. Hasil penghitungan jarak *euclidean* dapat dilihat pada Lampiran 6.

Setelah mengetahui jarak *euclidean* tiap pengamatan dan pembobot optimum yang digunakan dalam penelitian, serta memperoleh nilai *bandwidth*, langkah selanjutnya yaitu membentuk matriks pembobot yang digunakan untuk penaksiran parameter di tiap pengamatan. Matriks pembobot spasial yang diperoleh untuk tiap-tiap lokasi kemudian digunakan untuk membentuk model GWR, sehingga setiap kabupaten/kota memiliki model yang berbeda-beda. Rangkuman hasil estimasi parameter model GWR dapat dilihat pada Tabel 4.6 yang diperoleh berdasarkan Lampiran 7.

Tabel 4.6 Rangkuman Hasil Estimator Model GWR

Bandwidth	1,673124
R²	52,7959 persen
SSE	14,22316

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat terlihat nilai *bandwidth* optimum yang diperoleh dengan menggunakan fungsi pembobot *Fixed Bisquare* adalah 1,673124 yang artinya titik yang berada dalam radius 1,673124 dianggap berpengaruh secara optimal dalam membentuk parameter model lokasi. Informasi lain yang didapatkan yaitu nilai koefisien determinasi (R^2) model GWR sebesar 52,7959 persen yang berarti model yang terbentuk dapat menjelaskan variabel angka kecelakaan lalu lintas sebesar 52,7959 persen dan sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak diamati dalam model.

4.2.5 Pengujian Kesesuaian Model GWR

Pada bagian ini akan dibahas mengenai pengujian kesesuaian model GWR yang telah diperoleh. Pemodelan angka kecelakaan lalu lintas/ kilometer dengan menggunakan metode GWR diharapkan memperoleh hasil yang lebih baik daripada pemodelan dengan menggunakan regresi OLS dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k; i=1,2,\dots,38; k=1,2,\dots,7$$

(tidak ada perbedaan signifikan antara model regresi linier dengan model GWR)

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k; i=1,2,\dots,38; k=1,2,\dots,7$$

(ada perbedaan yang signifikan antara model regresi linier dengan model GWR)

Berdasarkan Lampiran 6, diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 0,88984 atau lebih kecil dibanding $F_{tabel(0,05;2,4103;28,5897)}=3,34$ sehingga dapat disimpulkan gagal tolak H_0 artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara model regresi OLS dan GWR. Perbedaan yang signifikan antara regresi OLS dan GWR terjadi pada taraf keyakinan 42,3 persen.

4.2.6 Pengujian Signifikansi Parameter Model GWR

Pengujian signifikansi parameter model GWR secara parsial dilakukan untuk mengetahui parameter mana saja yang

berpengaruh secara signifikan terhadap angka kecelakaan lalu lintas di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian model GWR secara parsial adalah sebagai berikut.

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

$$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k = 1, 2, \dots, 7$$

Berdasarkan pengujian signifikansi parameter model GWR, diperoleh nilai t_{hitung} yang selanjutnya dibandingkan dengan nilai t_{tabel} untuk mengetahui variabel mana saja yang secara signifikan mempengaruhi angka kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur. Selanjutnya diperoleh $t_{tabel} = t_{(0,05; 28, 5897)} = 2,048407$. Berdasarkan persamaan (2.26) diketahui bahwa jika nilai $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ maka parameter signifikan pada lokasi pengamatan. Nilai t_{hitung} setiap variabel dari 38 kabupaten/kota di Jawa Timur dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Nilai t_{hitung} di setiap kabupaten/kota

Kabupaten/Kota	$t_{hitung} X_1$	$t_{hitung} X_2$	$t_{hitung} X_3$	$t_{hitung} X_4$	$t_{hitung} X_5$	$t_{hitung} X_6$
Pacitan	3.1534	1.10153	-1.0988	2.6036	-0.1066	1.2907
Ponorogo	3.0917	1.17905	-1.1850	2.9970	-0.4225	1.4100
Trenggalek	3.0950	1.12936	-1.1294	2.7849	-0.2489	1.3292
Tulungagung	3.0709	1.13319	-1.1322	2.8250	-0.2838	1.3349
Lumajang	2.9531	1.14395	-1.1350	2.9908	-0.4457	1.3631
Bondowoso	2.9721	1.19576	-1.1791	3.1641	-0.5911	1.4319
Pasuruan	2.8610	1.18303	-1.1473	3.2201	-0.6781	1.4271
Jombang	2.5705	1.10264	-1.0323	3.2056	-0.8184	1.4107
Nganjuk	2.4952	1.08133	-0.9998	3.1940	-0.8621	1.4134
Madiun	2.1517	0.99805	-0.8279	3.1260	-1.1438	1.4351
Magetan	2.4511	1.12096	-0.9808	3.3475	-1.0500	1.4420
Ngawi	2.4277	1.12340	-0.9675	3.3688	-1.0938	1.4456
Bojonegoro	2.6684	1.16348	-1.0814	3.3187	-0.8649	1.4383
Taban	2.7381	1.18247	-1.1111	3.3208	-0.8287	1.4443

Kabupaten/Kota	t_{hitung} X₁	t_{hitung} X₂	t_{hitung} X₃	t_{hitung} X₄	t_{hitung} X₅	t_{hitung} X₆
Lamongan	2.8574	1.21226	-1.1598	3.3139	-0.7683	1.4604
Bangkalan	2.9015	1.20971	-1.1712	3.2702	-0.7103	1.4539
Pamekasan	2.9487	1.21024	-1.1833	3.2323	-0.6600	1.4519
Kota Kediri	3.1094	1.19106	-1.2000	3.0281	-0.4473	0.1432
Kota Blitar	3.1686	1.17696	-1.1974	2.9279	-0.3611	1.4247
Kota Malang	3.1792	1.16800	-1.1897	2.8843	-0.3257	1.4138
Kota Probolinggo	3.1740	1.18511	-1.2077	2.9563	-0.3850	1.4405
Kota Pasuruan	3.1225	1.21421	-1.2245	3.1021	-0.5111	1.4712
Kota Mojokerto	3.0151	1.28173	-1.2404	3.3901	-0.7991	1.5484
Kota Madiun	2.9242	1.23336	-1.1889	3.3229	-0.7537	1.4812
Kota Surabaya	2.9235	1.23150	-1.1878	3.3181	-0.7492	0.0148
Kota Batu	2.8602	1.23533	-1.1691	3.3777	-0.8306	1.4855
Blitar	2.5983	1.18906	-1.0525	3.4385	-1.0345	1.4669
Kediri	2.5491	1.17973	-1.0273	3.4454	-1.0782	0.1465
Mojokerto	2.4636	1.16563	-0.9798	3.4596	-1.1664	1.4634
Banyuwangi	2.9800	1.19361	-1.1791	3.1497	-0.5762	1.4287
Gresik	2.9268	1.14334	-1.1319	3.0154	-0.4744	1.3669
Jember	2.8581	1.18380	-1.1470	3.2250	-0.6839	1.4284
Malang	2.5976	1.16117	-1.0518	3.3639	-0.9551	1.4472
Probolinggo	2.8122	1.19875	-1.1407	3.3101	-0.7832	1.4505
Sampang	2.9127	1.21370	-1.1762	3.2732	-0.7095	1.4580
Sidoarjo	3.1589	1.17715	-1.1954	2.9356	-0.3674	1.4216
Situbondo	2.8557	1.22407	-1.1637	3.3495	-0.8041	1.4735
Sumenep	2.8839	1.19151	-1.1573	3.2275	-0.6765	1.4341

Selanjutnya, nilai t_{hitung} yang diperoleh dibandingkan dengan nilai t_{tabel} sebesar 2,048407 untuk mendapatkan variabel

signifikan. Variabel mana saja yang signifikan pada setiap kabupaten/kota dengan taraf signifikansi 5 persen beserta pemodelannya dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Model GWR di setiap kabupaten/kota

Kabupaten/Kota	Variabel Signifikan	Model GWR
Pacitan	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 0,4862 + 0,000193 X_1 + 0,1011 X_2 - 0,0066 X_3 + 0,0216 X_4 - 0,0061 X_5 + 0,0245 X_6$
Ponorogo	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 1,8906 + 0,000185 X_1 + 0,1064 X_2 - 0,0068 X_3 + 0,0243 X_4 - 0,0236 X_5 + 0,0259 X_6$
Trenggalek	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 1,1595 + 0,000187 X_1 + 0,1025 X_2 - 0,0066 X_3 + 0,0228 X_4 - 0,0140 X_5 + 0,0247 X_6$
Tulungagung	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 1,3301 + 0,000185 X_1 + 0,1025 X_2 - 0,0066 X_3 + 0,0230 X_4 - 0,0159 X_5 + 0,0247 X_6$
Lumajang	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 2,1167 + 0,000176 X_1 + 0,1025 X_2 - 0,0065 X_3 + 0,0241 X_4 - 0,0246 X_5 + 0,0248 X_6$
Bondowoso	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 2,6926 + 0,000177 X_1 + 0,1069 X_2 - 0,0067 X_3 + 0,0255 X_4 - 0,0326 X_5 + 0,0260 X_6$
Pasuruan	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 3,1575 + 0,000170 X_1 + 0,1054 X_2 - 0,0065 X_3 + 0,0259 X_4 - 0,0373 X_5 + 0,0259 X_6$
Jombang	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 4,0588 + 0,000154 X_1 + 0,0989 X_2 - 0,0059 X_3 + 0,0260 X_4 - 0,0455 X_5 + 0,0260 X_6$
Nganjuk	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 4,3349 + 0,000150 X_1 + 0,0974 X_2 - 0,0058 X_3 + 0,0260 X_4 - 0,0482 X_5 + 0,0263 X_6$
Madiun	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 6,0579 + 0,000134 X_1 + 0,0934 X_2 - 0,0051 X_3 + 0,0266 X_4 - 0,0665 X_5 + 0,0290 X_6$
Magetan	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 5,1798 + 0,000148 X_1 + 0,1014 X_2 - 0,0058 X_3 + 0,0275 X_4 - 0,0589 X_5 + 0,0273 X_6$
Ngawi	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 5,3983 + 0,000147 X_1 + 0,1019 X_2 - 0,0057 X_3 + 0,0278 X_4 - 0,0615 X_5 + 0,0275 X_6$
Bojonegoro	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 4,1308 + 0,000159 X_1 + 0,1039 X_2 - 0,0062 X_3 + 0,0268 X_4 - 0,0478 X_5 + 0,0264 X_6$
Taban	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 3,9015 + 0,000163 X_1 + 0,1054 X_2 - 0,0063 X_3 + 0,0268 X_4 - 0,0457 X_5 + 0,0264 X_6$
Lamongan	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 3,5252 + 0,000170 X_1 + 0,1080 X_2 - 0,0066 X_3 + 0,0267 X_4 - 0,0423 X_5 + 0,0266 X_6$
Bangkalan	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 3,2453 + 0,000172 X_1 + 0,1078 X_2 - 0,0066 X_3 + 0,0263 X_4 - 0,0391 X_5 + 0,0264 X_6$
Pamekasan	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 2,9943 + 0,000175 X_1 + 0,1080 X_2 - 0,0067 X_3 + 0,0260 X_4 - 0,0364 X_5 + 0,0264 X_6$
Kota Kediri	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 1,9765 + 0,000186 X_1 + 0,1075 X_2 - 0,0069 X_3 + 0,0246 X_4 - 0,0250 X_5 + 0,0263 X_6$
Kota Blitar	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 1,5655 + 0,000191 X_1 + 0,1071 X_2 - 0,0070 X_3 + 0,0240 X_4 - 0,0204 X_5 + 0,0265 X_6$
Kota Malang	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 1,4076 + 0,000192 X_1 + 0,1065 X_2 - 0,0070 X_3 + 0,0237 X_4 - 0,0185 X_5 + 0,0264 X_6$
Kota Probolinggo	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 1,6600 + 0,000191 X_1 + 0,1079 X_2 - 0,0071 X_3 + 0,0242 X_4 - 0,0217 X_5 + 0,0268 X_6$
Kota Pasuruan	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 2,2254 + 0,000186 X_1 + 0,1096 X_2 - 0,0071 X_3 + 0,0252 X_4 - 0,0286 X_5 + 0,0271 X_6$
Kota Mojokerto	X_1, X_4	$\ln \hat{Y} = 3,4855 + 0,000180 X_1 + 0,1148 X_2 - 0,0071 X_3 + 0,0275 X_4 - 0,0444 X_5 + 0,0285 X_6$

Kabupaten/Kota	Variabel Signifikan	Model GWR
Kota Madiun	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 3,3961 + 0,000174 X_1 + 0,1100 X_2 - 0,0067 X_3 + 0,0268 X_4 - 0,0416 X_5 + 0,0270 X_6$
Kota Surabaya	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 3,3789 + 0,000174 X_1 + 0,1098 X_2 - 0,0067 X_3 + 0,0267 X_4 - 0,0413 X_5 + 0,0270 X_6$
Kota Batu	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 3,7727 + 0,000170 X_1 + 0,1101 X_2 - 0,0066 X_3 + 0,0272 X_4 - 0,0458 X_5 + 0,0271 X_6$
Blitar	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 4,9136 + 0,000156 X_1 + 0,1067 X_2 - 0,0061 X_3 + 0,0280 X_4 - 0,0575 X_5 + 0,0274 X_6$
Kediri	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 5,1604 + 0,000154 X_1 + 0,1062 X_2 - 0,0060 X_3 + 0,0282 X_4 - 0,0602 X_5 + 0,0275 X_6$
Mojokerto	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 5,6522 + 0,000150 X_1 + 0,1057 X_2 - 0,0058 X_3 + 0,0286 X_4 - 0,0656 X_5 + 0,0279 X_6$
Banyuwangi	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 2,6245 + 0,000177 X_1 + 0,1067 X_2 - 0,0067 X_3 + 0,0254 X_4 - 0,0318 X_5 + 0,0260 X_6$
Gresik	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 2,2605 + 0,000174 X_1 + 0,1023 X_2 - 0,0064 X_3 + 0,0243 X_4 - 0,0262 X_5 + 0,0248 X_6$
Jember	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 3,1836 + 0,000170 X_1 + 0,1055 X_2 - 0,0065 X_3 + 0,0259 X_4 - 0,0377 X_5 + 0,0259 X_6$
Malang	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 4,5878 + 0,000156 X_1 + 0,1040 X_2 - 0,0061 X_3 + 0,0273 X_4 - 0,0530 X_5 + 0,0268 X_6$
Probolinggo	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 3,6341 + 0,000167 X_1 + 0,1068 X_2 - 0,0065 X_3 + 0,0266 X_4 - 0,0431 X_5 + 0,0264 X_6$
Sampang	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 3,2301 + 0,000173 X_1 + 0,1082 X_2 - 0,0066 X_3 + 0,0263 X_4 - 0,0391 X_5 + 0,0265 X_6$
Sidoarjo	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 1,6003 + 0,000190 X_1 + 0,1070 X_2 - 0,0070 X_3 + 0,0240 X_4 - 0,0207 X_5 + 0,0264 X_6$
Situbondo	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 3,6709 + 0,000170 X_1 + 0,1090 X_2 - 0,0066 X_3 + 0,0270 X_4 - 0,0443 X_5 + 0,0269 X_6$
Sumenep	X_1, X_4	$\widehat{\ln Y} = 3,1272 + 0,000171 X_1 + 0,1062 X_2 - 0,0065 X_3 + 0,0259 X_4 - 0,0373 X_5 + 0,0260 X_6$

4.2.7 Interpretasi Model GWR

Dalam model GWR, setiap kabupaten/kota memiliki model yang berbeda. Sesuai Persamaan (2.15), model GWR dapat ditulis sebagai berikut :

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i; i = 1, 2, \dots, 38$$

Pada kasus angka kecelakaan di Jawa Timur pada tahun 2014 dengan menggunakan taraf signifikansi sebesar 5 persen diperoleh variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap angka kecelakaan lalu lintas di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur yaitu kepadatan penduduk dan persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan di atas SMP. Berikut contoh model GWR Kota Surabaya sesuai dengan Tabel 4.8 beserta interpretasinya. Untuk taraf signifikansi sebesar 5 persen, diperoleh model GWR Kota Surabaya sebagai berikut.

$$\widehat{\ln Y} = 3,3789 + 0,000174 X_1 + 0,1011 X_2 - 0,0066 X_3 + 0,0216 X_4 - 0,0061 X_5 + 0,0245 X_6$$

Untuk memudahkan dalam interpretasi, maka pemodelan dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\hat{Y} = e^{g(x)}$$

$$g(x) = 3,3789 + 0,000174 X_1 + 0,1011 X_2 - 0,0066 X_3 + 0,0216 X_4 - 0,0061 X_5 + 0,0245 X_6$$

Penjelasan yang diperoleh berdasarkan model di atas untuk Kota Surabaya, yaitu untuk setiap kenaikan kepadatan penduduk sebesar 1 jiwa/km², maka akan menaikkan angka kecelakaan lalu lintas/ 100 kilometer sebesar $e^{0,000174} = 1$ kejadian kecelakaan lalu lintas dengan asumsi variabel lain tetap. Untuk setiap kenaikan persentase usia remaja sebesar 1 persen maka akan menaikkan angka kecelakaan lalu lintas/ 100 kilometer sebesar $e^{0,1011} = 1,10 \approx 1$ kejadian kecelakaan lalu lintas dengan asumsi variabel lain tetap. Angka kecelakaan lalu lintas/ 100 kilometer akan turun sebesar $e^{0,0066} = 1,0066 \approx 1$ kejadian jika persentase kecelakaan terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota naik sebesar 1 persen dengan asumsi variabel lain tetap. Kenaikan persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan lebih dari SMP sebesar 1 persen akan meningkatkan kecelakaan lalu lintas/100 kilometer sebesar $e^{0,0216} = 1,02 \approx 1$ kejadian kecelakaan dengan asumsi variabel lain tetap. Angka kecelakaan lalu lintas/ 100 kilometer akan turun sebesar $e^{0,0061} = 1,0061 \approx 1$ jika rasio jenis kelamin naik sebesar 1 persen dengan asumsi variabel lain tetap. Angka kecelakaan lalu lintas/ 100 kilometer akan naik sebesar $e^{0,0245} = 1,02 \approx 1$ jika persentase kecelakaan terjadi saat waktu gelap naik sebesar 1 persen.

4.2.8 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik merupakan proses evaluasi dari model untuk mengetahui seberapa besar peluang masing-masing model yang terbentuk sudah sesuai dengan data. Pada penelitian ini dibandingkan model OLS dan GWR berdasarkan kriteria R²

dan SSE yang diperoleh dari Lampiran 3 dan Lampiran 7. Hasil perbandingan kedua metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perbandingan Model OLS dan GWR

Kriteria	Model OLS	Model GWR
R²	36,66 persen	52,7959 persen
SSE	15,2898	14,22316

Berdasarkan Tabel 4.9 diperoleh informasi bahwa berdasarkan nilai R² dan nilai SSE, model GWR lebih baik dibandingkan model OLS. Model GWR terbukti mampu meningkatkan nilai R² dan menurunkan nilai *Sum Square Error*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap pemodelan faktor-faktor penyebab angka kecelakaan lalu lintas di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* diperoleh kesimpulan dan saran sebagai berikut.

5.1 Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan laporan tugas akhir ini berdasarkan rumusan masalah yang dipaparkan pada Bab 1.

1. Hasil analisis menunjukkan karakteristik angka kecelakaan lalu lintas mengelompok sesuai kategori. Persebaran angka kecelakaan lalu lintas paling tinggi terdapat di Kota Pasuruan dan Kota Mojokerto. Daerah-daerah yang tergolong memiliki kategori angka kecelakaan sedang hingga sangat tinggi cenderung mengelompok di bagian barat laut Provinsi Jawa Timur.
2. Berdasarkan data yang digunakan pada penelitian ini, aspek dependensi spasial dan heterogenitas spasial terpenuhi serta asumsi normalitas pada residual telah terpenuhi sehingga metode GWR dapat digunakan. Fungsi pembobot Kernel yang optimum adalah *Fixed Bisquare*. Pemodelan dengan GWR meningkatkan nilai R^2 dan diperoleh SSE yang lebih kecil dibanding metode OLS. Dengan menggunakan taraf signifikansi sebesar 5%, diperoleh model yang berbeda untuk setiap kabupaten/kota di Jawa Timur. Faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi angka kecelakaan lalu lintas di setiap kabupaten/kota di Jawa Timur secara spasial dengan taraf signifikansi sebesar 5% adalah kepadatan penduduk dan persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan lebih dari SMP.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa kepadatan penduduk dan persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan lebih dari SMP merupakan faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi angka kecelakaan lalu lintas. Sebaiknya pemerintah daerah berfokus kepada penanggulangan kepadatan penduduk sehingga dapat menekan angka kecelakaan lalu lintas. Selain itu, pendidikan terakhir pelaku kecelakaan terbukti signifikan terhadap peningkatan angka kecelakaan lalu lintas. Padahal penelitian ini dilakukan kepada pelaku kecelakaan yang memiliki pendidikan terakhir di atas SMP atau kebanyakan memiliki surat izin mengemudi. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas kepemilikan SIM masih rendah sehingga perlu dilakukan pengetatan terhadap pemberian SIM oleh pihak berwajib.

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menambah faktor-faktor lain sehingga lebih menggambarkan kondisi yang mempengaruhi angka kecelakaan lalu lintas di Jawa Timur. Selain itu untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan pendekatan area untuk memodelkan angka kecelakaan lalu lintas secara spasial.

Daftar Pustaka

- Anselin, L. 1998. *Spatial Econometrics: Method and Models*. The Netherlands : Kluwer Academic Publishers.
- Anselin, L. & Getis, A. 1992. *Spatial Statistical Analysis and Geographic Information System*. The Annals of Regional Science 26(1): 1992.
- Ambarwati,L., Sulistio,H., Negara,G.H., Hariadi,Z. 2010. Karakteristik dan Peluang Kecelakaan pada Mobil Pribadi di Wilayah Perkotaan. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol. 4 No.2: hal 124-135.
- Badan Pusat Statistik, 2012. *Publikasi Statistik Transportasi 2012*. Diakses melalui <http://www.bps.go.id> download tanggal 16 Oktober 2015.
- Badan Pusat Statistik, 2013. *Publikasi Statistik Transportasi 2013*. Diakses melalui <http://www.bps.go.id> download tanggal 16 Oktober 2015.
- Badan Pusat Statistik, 2014. *Kepadatan Penduduk Menurut Provinsi 2000-2014*. Diakses melalui <http://www.bps.go.id> tanggal 5 September 2015.
- Badan Pusat Statistik, 2014. *Statistik Remaja Jawa Timur 2014*. Diakses melalui <http://www.bps.go.id> tanggal 5 Oktober 2015.
- Charlton, M. & Fotheringham, A.S. 2009. *Geographically Weighted Regression : White Paper*. National Centre for Geocomputation.
- Damayanti, Yuanita. 2013. *Pemodelan Persentase Penduduk Miskin di Jawa Timur Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Draper, N.R., & Smith, H. 1992. *Applied Regression Analysis Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Erdogan, Saffet. 2009. Exploative Spatial Analysis of Traffic Accident Statistics and Road Mortality among The

- Provinces of Turkey. *Journal of Safety Research*. Vol 40: hal 341-351.
- Fotheringham, A.S., Brundson, C., & Charlton, M. 2002. *Geographically Weighted Regression*. Chichester, UK : Jhon Wiley & Sons.
- Goodwin, G.C., Schoby, J., & Council W. 2014. *A Hot Spot Analysis of Teenage Crashes: An Assessment of Crashes in Houston, Texas*. Texas: Texas Southern University.
- Gumawang, J. 2015. *Kajian Tingkat Kerawanan Kecelakaan Lalu Lintas Sebagian Ruas Jalan di Kota Tangerang Secara Spasial*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Gujarati, D.N. & Porter, D.C. 2007. *Basic Econometrics* 4th Edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., & Anderson, R.E. 2010. *Multivariate Data Analysis* 7th Edition. New Jersey : Pearson Prentice Hall.
- Hocking, R. R. 1996. *Methods and Applications of Linear Models*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Kartika, M. 2009. *Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas pada Pengendara Sepeda Motor di Wilayah Depok*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Kistimaryani, M. 2013. *Proses Pengendalian Produksi Produk Z di PT "PQR"*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J., Neter, J. 2004. *Applied Linear Regression Models (4th edition)*. New York: McGraw-Hill.
- Lee, J. & Wong, D.W.S. 2001. *Statistical Analysis with Arcview GIS*. New York : John Wiley and Sons.
- Mei, C.L., Wang, N., & Zhang, W., 2006, "Testing the Importance of The Explanatory Variables In A Mixed Geographically Weighted Regression Model", *Environment and Planning A*, vol. 38, hal. 587-598.
- Najid. 2013. *Estimasi Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Nasional dan 6 Provinsi di Pulau Jawa*. Jakarta: Universitas Tarumanegara.

- Permanawati, T., Sulistio, H., & Wicaksono, A. 2010. *Model Peluang Kecelakaan Seeda Motor Berdasarkan Karakteristik Pengendara*. Vol 4, No.3. Malang: Jurnal Rekayasa Sipil
- Purhadi, R.M., & Wulandari, S.P. 2012. *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression Model*. Vol 16 , Issue: 3 ed.) Surabaya: International Journal of Mathematics and Computation.
- Prasetyawan, I. F. 2011. *Penentuan Matriks Pembobot yang Optimum Pada Pemodelan Geographically Weighted Regression*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rakhmawati, I. 2015. *Klasifikasi Faktor-faktor yang Mempengaruhi Korban Kecelakaan Lalu Lintas di Surabaya dengan Pendekatan Regresi Logistik Multinomial dan Random Forest*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Santoso, G.A & Maulina, D. 2009. *Perilaku Berlalu Lintas di Kota Besar: Jakarta, Bandung, dan Surabaya*. *Prosiding Temu Ilmiah Psikologi*
- Simamora, P. A. 2014. *Pemodelan Persentase Kriminalitas dan Faktor-faktor yang Mempengaruhi di Jawa Timur dengan Pendekatan Geographically Weighted Regression (GWR)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Soediono, W. & Handoko, D. 2004. *Pemodelan dan Simulasi Antrian Kendaraan di Gerbang Tol*. *Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi 2004*.
- Triana, E.P.Y., Kusdarwati,H., Pramoedyo,H. 2013. *Pemodelan Jumlah Kecelakaan Pengendara Sepeda Motor di Daerah Black Spot Kota Malang Menggunakan Generalized Poisson Regression*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Kecelakaan.
- Yasin, H. 2011. *Model Mixed Geographically Weighted Regression*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Walpole, R.E. 1993. *Pengantar Statistika Edisi ke-3*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Warpani, S. 2002. *Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Bandung: Penerbit ITB.
- Wahyuningtyas, F. 2013. *Perbedaan Sikap Disiplin Berlalu Lintas Ditinjau dari Tingkat Pendidikan*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wedagama, D.M.P. 2010. *Metode Elipsoida Kesalahan Sebagai Metode Alternatif untuk Analisis Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 14 No.1.
- Widyasih, M. 2003. *Analisis Kecelakaan Lalu Lintas Di Jalan Tol Padalarang-Cileunyi*. Bandung: Universitas Parahyangan.
- Wijayanti, L.A. 2014. *Pemanfaatan Citra Quickbird dan Sistem Informasi Geografis Untuk Identifikasi Daerah Rawan Kecelakaan, Daerah Kajian: Kota Semarang, Jawa Tengah*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Zheng, L., Robinson, R.M., Khattak, A. & Wang, X. 2011. *All Accidents are Not Equal: Using Geographically Weighted Regressions Models to Asses and Forecast Accident Impacts*, Indianapolis, USA: 3rd International Conference on Road Safety and Simulation

Lampiran

Lampiran 1. Data Angka Kecelakaan Lalu Lintas dan Faktor yang Mempengaruhinya

Kab/Kota	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	u	v
Pacitan	23.81	387.00	14.74	0.00	75.79	95.34	16.48	8.11	111.06
Ponorogo	44.97	612.00	15.20	59.47	85.92	99.85	33.81	7.52	111.57
...
...
...
Sidoarjo	119.82	664.00	16.39	32.35	52.41	95.19	33.50	7.37	111.3
Situbondo	41.29	403.00	15.77	9.28	79.12	95.12	34.82	7.14	112.44
Sumenep	6.89	512.00	15.23	69.03	40.71	90.65	29.82	7.51	112.31

Keterangan:

Y: Angka kecelakaan lalu lintas

X₁:Kepadatan penduduk

X₂: Persentase usia remaja

X₃: Persentase kecelakaan terjadi di kawasan jalan kabupaten/kota

X₄:Persentase pendidikan terakhir pelaku kecelakaan adalah di atas SMP

X₅: Rasio jenis kelamin

X₆: Persentase Kecelakaan Terjadi Pada Waktu Gelap

Lampiran 2. Statistika Deskriptif Variabel Respon dan Prediktor

Variable	Mean	Variance	Minimum	Maximum
ln y	3.982	0.814	1.930	6.091
x1	1817	4708298	387	8562
x2	16.293	2.449	14.479	21.402
x3	38.46	499.91	0.00	100.00
x4	66.81	363.70	15.45	90.80
x5	97.090	6.534	90.649	101.199
x6	36.18	53.04	16.48	48.25

Lampiran 3. Pemodelan Regresi OLS

Regression Analysis: ln y versus X1; X2; X3; X4; X5; X6

The regression equation is

$$\ln y = 3,62 + 0,000179 X1 + 0,101 X2 - 0,00607 X3 + 0,0247 X4 - 0,0418 X5 + 0,0288 X6$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	3,616	5,285	0,68	0,499	
X1	0,00017878	0,00005998	2,98	0,006	1,271
X2	0,10055	0,09008	1,12	0,273	1,491
X3	-0,006066	0,005702	-1,06	0,296	1,219
X4	0,024662	0,008115	3,04	0,005	1,797
X5	-0,04176	0,05570	-0,75	0,459	1,521
X6	0,02881	0,01825	1,58	0,125	1,326

S = 0,702295 R-Sq = 49,3% R-Sq(adj) = 39,4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	6	14,8414	2,4736	5,02	0,001
Residual Error	31	15,2898	0,4932		
Total	37	30,1312			

Lampiran 4. Hasil Pengujian *Breusch-Pagan* dengan *Software R*

studentized Breusch-Pagan test

data: ta,lm

BP = 8,6651, df = 6, p-value = 0,008775

Lampiran 5. Hasil Pengujian *Moran's I* dengan *Software R*

\$observed

[1] 0,05605025

\$expected

[1] -0,02702703

\$sd

[1] 0,01984748

\$p.value

[1] 2,841834e-05

Lampiran 6. Jarak *Euclidean* Antar Titik Pengamatan

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,000	0,780	0,371	0,477	5,348	2,439	2,163	0,943	1,422
2	0,780	0,000	0,522	0,512	2,656	1,761	1,552	0,667	0,812
3	0,371	0,522	0,000	0,110	3,803	2,075	1,793	0,580	1,056
4	0,477	0,512	0,110	0,000	3,453	1,982	1,692	0,470	0,962
5	2,313	1,630	1,950	1,858	0,000	0,132	0,331	1,466	0,897
6	2,439	1,761	2,075	1,982	0,017	0,000	0,385	1,582	1,020
7	2,163	1,552	1,793	1,692	0,110	0,385	0,000	1,261	0,751
8	0,943	0,667	0,580	0,470	2,151	1,582	1,261	0,000	0,589
9	1,422	0,812	1,056	0,962	0,805	1,020	0,751	0,589	0,000
10	1,126	0,431	0,786	0,716	1,459	1,338	1,121	0,540	0,391
11	1,162	0,463	0,821	0,751	1,377	1,304	1,090	0,561	0,367
12	1,687	0,949	1,347	1,273	0,505	0,841	0,747	0,993	0,444
13	1,650	0,980	1,290	1,201	0,440	0,791	0,584	0,845	0,256
14	1,409	0,803	1,043	0,948	0,829	1,034	0,763	0,575	0,014
15	0,778	0,309	0,661	0,699	3,485	1,998	1,822	0,962	1,100
16	2,690	2,008	2,326	2,232	0,144	0,251	0,595	1,828	1,270
17	2,070	1,657	1,711	1,601	0,922	0,991	0,630	1,131	0,901
18	2,261	1,863	1,905	1,795	1,111	1,061	0,738	1,326	1,105
19	3,150	2,703	2,791	2,681	2,084	1,366	1,269	2,211	1,902
20	2,496	1,920	2,125	2,020	0,292	0,488	0,381	1,569	1,111
21	2,591	1,992	2,220	2,117	0,264	0,433	0,440	1,671	1,189
22	1,937	1,351	1,566	1,464	0,255	0,592	0,233	1,029	0,540
23	1,798	1,171	1,430	1,333	0,291	0,655	0,381	0,928	0,376
24	1,598	0,886	1,250	1,170	0,555	0,877	0,723	0,868	0,313
25	1,032	0,735	0,670	0,560	1,970	1,516	1,187	0,091	0,544
26	1,453	0,738	1,109	1,033	0,797	1,024	0,850	0,763	0,279
27	1,451	0,721	1,112	1,040	0,836	1,046	0,886	0,791	0,327
28	1,330	0,595	0,997	0,930	1,080	1,171	0,998	0,722	0,361

29	1,387	0,740	1,026	0,937	0,858	1,053	0,812	0,605	0,099
30	0,885	0,165	0,669	0,670	2,682	1,769	1,593	0,818	0,878
31	0,796	0,358	0,699	0,741	3,621	2,034	1,863	1,012	1,145
32	0,732	0,402	0,671	0,725	3,915	2,110	1,931	1,032	1,205
33	0,893	0,418	0,796	0,835	3,587	2,025	1,872	1,082	1,170
34	1,123	0,432	0,936	0,940	2,625	1,750	1,630	1,051	0,981
35	1,852	1,093	1,612	1,584	1,660	1,396	1,448	1,510	1,123
36	1,573	0,807	1,255	1,194	0,831	1,040	0,959	0,990	0,529
37	1,560	0,796	1,240	1,178	0,829	1,040	0,951	0,970	0,510
38	1,759	1,003	1,428	1,359	0,514	0,844	0,805	1,102	0,563
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1,126	1,162	1,687	1,650	1,409	0,778	2,690	2,070	2,261
2	0,431	0,463	0,949	0,980	0,803	0,309	2,008	1,657	1,863
3	0,786	0,821	1,347	1,290	1,043	0,661	2,326	1,711	1,905
4	0,716	0,751	1,273	1,201	0,948	0,699	2,232	1,601	1,795
5	1,208	1,173	0,710	0,663	0,911	1,867	0,379	0,960	1,054
6	1,338	1,304	0,841	0,791	1,034	1,998	0,251	0,991	1,061
7	1,121	1,090	0,747	0,584	0,763	1,822	0,595	0,630	0,738
8	0,540	0,561	0,993	0,845	0,575	0,962	1,828	1,131	1,326
9	0,391	0,367	0,444	0,256	0,014	1,100	1,270	0,901	1,105
10	0,000	0,036	0,562	0,551	0,383	0,710	1,588	1,275	1,480
11	0,036	0,000	0,526	0,518	0,361	0,737	1,553	1,258	1,463
12	0,562	0,526	0,000	0,260	0,455	1,163	1,079	1,166	1,347
13	0,551	0,518	0,260	0,000	0,270	1,240	1,042	0,915	1,103
14	0,383	0,361	0,455	0,270	0,000	1,092	1,284	0,904	1,108
15	0,710	0,737	1,163	1,240	1,092	0,000	2,241	1,963	2,169
16	1,588	1,553	1,079	1,042	1,284	2,241	0,000	1,145	1,175
17	1,275	1,258	1,166	0,915	0,904	1,963	1,145	0,000	0,206

18	1,480	1,463	1,347	1,103	1,108	2,169	1,175	0,206	0,000
19	2,293	2,269	2,014	1,819	1,909	3,000	1,304	1,080	0,892
20	1,491	1,462	1,124	0,963	1,121	2,197	0,540	0,649	0,643
21	1,561	1,531	1,157	1,021	1,201	2,261	0,433	0,779	0,768
22	0,923	0,896	0,644	0,425	0,550	1,632	0,820	0,552	0,713
23	0,740	0,710	0,446	0,219	0,389	1,443	0,902	0,724	0,901
24	0,474	0,438	0,132	0,163	0,324	1,124	1,123	1,077	1,266
25	0,557	0,573	0,966	0,799	0,530	1,036	1,760	1,041	1,236
26	0,328	0,292	0,241	0,267	0,285	0,981	1,271	1,140	1,337
27	0,326	0,291	0,236	0,307	0,332	0,954	1,291	1,189	1,385
28	0,214	0,180	0,358	0,414	0,361	0,832	1,417	1,256	1,457
29	0,311	0,283	0,392	0,264	0,100	1,020	1,304	0,999	1,201
30	0,488	0,512	0,936	1,010	0,871	0,230	2,012	1,755	1,961
31	0,755	0,781	1,197	1,281	1,138	0,050	2,276	2,011	2,217
32	0,816	0,844	1,275	1,350	1,197	0,112	2,353	2,059	2,265
33	0,781	0,804	1,184	1,288	1,164	0,136	2,263	2,050	2,256
34	0,617	0,628	0,911	1,051	0,978	0,362	1,982	1,882	2,085
35	0,970	0,950	0,755	1,010	1,129	1,108	1,575	1,920	2,099
36	0,484	0,452	0,212	0,431	0,536	0,987	1,272	1,346	1,534
37	0,466	0,434	0,206	0,417	0,517	0,981	1,273	1,331	1,520
38	0,644	0,609	0,120	0,374	0,574	1,193	1,070	1,265	1,440
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	3,150	2,496	2,591	1,937	1,798	1,598	1,032	1,453	1,451
2	2,703	1,920	1,992	1,351	1,171	0,886	0,735	0,738	0,721
3	2,791	2,125	2,220	1,566	1,430	1,250	0,670	1,109	1,112
4	2,681	2,020	2,117	1,464	1,333	1,170	0,560	1,033	1,040
5	1,444	0,540	0,514	0,505	0,539	0,745	1,404	0,893	0,914

6	1,366	0,488	0,433	0,592	0,655	0,877	1,516	1,024	1,046
7	1,269	0,381	0,440	0,233	0,381	0,723	1,187	0,850	0,886
8	2,211	1,569	1,671	1,029	0,928	0,868	0,091	0,763	0,791
9	1,902	1,111	1,189	0,540	0,376	0,313	0,544	0,279	0,327
10	2,293	1,491	1,561	0,923	0,740	0,474	0,557	0,328	0,326
11	2,269	1,462	1,531	0,896	0,710	0,438	0,573	0,292	0,291
12	2,014	1,124	1,157	0,644	0,446	0,132	0,966	0,241	0,236
13	1,819	0,963	1,021	0,425	0,219	0,163	0,799	0,267	0,307
14	1,909	1,121	1,201	0,550	0,389	0,324	0,530	0,285	0,332
15	3,000	2,197	2,261	1,632	1,443	1,124	1,036	0,981	0,954
16	1,304	0,540	0,433	0,820	0,902	1,123	1,760	1,271	1,291
17	1,080	0,649	0,779	0,552	0,724	1,077	1,041	1,140	1,189
18	0,892	0,643	0,768	0,713	0,901	1,266	1,236	1,337	1,385
19	0,000	0,912	0,933	1,395	1,599	1,973	2,121	2,082	2,125
20	0,912	0,000	0,130	0,571	0,753	1,104	1,487	1,230	1,267
21	0,933	0,130	0,000	0,655	0,821	1,151	1,592	1,285	1,319
22	1,395	0,571	0,655	0,000	0,206	0,583	0,954	0,687	0,730
23	1,599	0,753	0,821	0,206	0,000	0,377	0,865	0,484	0,526
24	1,973	1,104	1,151	0,583	0,377	0,000	0,838	0,149	0,170
25	2,121	1,487	1,592	0,954	0,865	0,838	0,000	0,745	0,777
26	2,082	1,230	1,285	0,687	0,484	0,149	0,745	0,000	0,050
27	2,125	1,267	1,319	0,730	0,526	0,170	0,777	0,050	0,000
28	2,221	1,378	1,434	0,829	0,628	0,294	0,721	0,150	0,126
29	1,989	1,180	1,253	0,613	0,432	0,264	0,574	0,192	0,238
30	2,780	1,968	2,031	1,406	1,215	0,895	0,881	0,751	0,724
31	3,046	2,239	2,302	1,676	1,486	1,162	1,086	1,020	0,992
32	3,102	2,305	2,370	1,739	1,552	1,236	1,110	1,092	1,066
33	3,073	2,250	2,308	1,692	1,498	1,160	1,153	1,023	0,991
34	2,864	2,011	2,058	1,471	1,268	0,908	1,103	0,784	0,745

35	2,709	1,797	1,797	1,389	1,198	0,855	1,522	0,844	0,797
36	2,223	1,335	1,368	0,844	0,640	0,269	0,982	0,253	0,210
37	2,214	1,329	1,363	0,832	0,628	0,255	0,962	0,233	0,190
38	2,073	1,172	1,193	0,730	0,541	0,251	1,078	0,340	0,322
	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1	1,330	1,387	0,885	0,796	0,732	0,893	1,123	1,852	1,573
2	0,595	0,740	0,165	0,358	0,402	0,418	0,432	1,093	0,807
3	0,997	1,026	0,669	0,699	0,671	0,796	0,936	1,612	1,255
4	0,930	0,937	0,670	0,741	0,725	0,835	0,940	1,584	1,194
5	1,039	0,926	1,638	1,903	1,979	1,894	1,620	1,288	0,911
6	1,171	1,053	1,769	2,034	2,110	2,025	1,750	1,396	1,040
7	0,998	0,812	1,593	1,863	1,931	1,872	1,630	1,448	0,959
8	0,722	0,605	0,818	1,012	1,032	1,082	1,051	1,510	0,990
9	0,361	0,099	0,878	1,145	1,205	1,170	0,981	1,123	0,529
10	0,214	0,311	0,488	0,755	0,816	0,781	0,617	0,970	0,484
11	0,180	0,283	0,512	0,781	0,844	0,804	0,628	0,950	0,452
12	0,358	0,392	0,936	1,197	1,275	1,184	0,911	0,755	0,212
13	0,414	0,264	1,010	1,281	1,350	1,288	1,051	1,010	0,431
14	0,361	0,100	0,871	1,138	1,197	1,164	0,978	1,129	0,536
15	0,832	1,020	0,230	0,050	0,112	0,136	0,362	1,108	0,987
16	1,417	1,304	2,012	2,276	2,353	2,263	1,982	1,575	1,272
17	1,256	0,999	1,755	2,011	2,059	2,050	1,882	1,920	1,346
18	1,457	1,201	1,961	2,217	2,265	2,256	2,085	2,099	1,534
19	2,221	1,989	2,780	3,046	3,102	3,073	2,864	2,709	2,223
20	1,378	1,180	1,968	2,239	2,305	2,250	2,011	1,797	1,335
21	1,434	1,253	2,031	2,302	2,370	2,308	2,058	1,797	1,368
22	0,829	0,613	1,406	1,676	1,739	1,692	1,471	1,389	0,844
23	0,628	0,432	1,215	1,486	1,552	1,498	1,268	1,198	0,640

24	0,294	0,264	0,895	1,162	1,236	1,160	0,908	0,855	0,269
25	0,721	0,574	0,881	1,086	1,110	1,153	1,103	1,522	0,982
26	0,150	0,192	0,751	1,020	1,092	1,023	0,784	0,844	0,253
27	0,126	0,238	0,724	0,992	1,066	0,991	0,745	0,797	0,210
28	0,000	0,262	0,601	0,870	0,943	0,874	0,643	0,809	0,273
29	0,262	0,000	0,794	1,064	1,126	1,084	0,886	1,034	0,446
30	0,601	0,794	0,000	0,271	0,341	0,295	0,270	0,967	0,767
31	0,870	1,064	0,271	0,000	0,086	0,100	0,368	1,111	1,017
32	0,943	1,126	0,341	0,086	0,000	0,166	0,453	1,196	1,098
33	0,874	1,084	0,295	0,100	0,166	0,000	0,309	1,040	0,995
34	0,643	0,886	0,270	0,368	0,453	0,309	0,000	0,745	0,710
35	0,809	1,034	0,967	1,111	1,196	1,040	0,745	0,000	0,596
36	0,273	0,446	0,767	1,017	1,098	0,995	0,710	0,596	0,000
37	0,255	0,426	0,760	1,011	1,092	0,991	0,710	0,615	0,020
38	0,431	0,507	0,971	1,223	1,304	1,200	0,913	0,659	0,206

37 38

1	1,560	1,759
2	0,796	1,003
3	1,240	1,428
4	1,178	1,359
5	0,910	0,717
6	1,040	0,844
7	0,951	0,805
8	0,970	1,102
9	0,510	0,563
10	0,466	0,644
11	0,434	0,609

12	0,206	0,120
13	0,417	0,374
14	0,517	0,574
15	0,981	1,193
16	1,273	1,070
17	1,331	1,265
18	1,520	1,440
19	2,214	2,073
20	1,329	1,172
21	1,363	1,193
22	0,832	0,730
23	0,628	0,541
24	0,255	0,251
25	0,962	1,078
26	0,233	0,340
27	0,190	0,322
28	0,255	0,431
29	0,426	0,507
30	0,760	0,971
31	1,011	1,223
32	1,092	1,304
33	0,991	1,200
34	0,710	0,913
35	0,615	0,659
36	0,020	0,206
37	0,000	0,212
38	0,212	0,000

Lampiran 7. Model GWR dengan *Software R*

Call:

```
gwr(formula = formula, data = TA, coords = cbind(u, v), bandwidth =
  TAbisquare.fix, hatmatrix = T)
```

Kernel function: gwr.Gauss

Fixed bandwidth: 1.673124

Summary of GWR coefficient estimates:

	Min.	1st Qu.	Median	3rd Qu.	Max.	Global
X.Intercept.	0.4862	2.144	3.238	4.019	6.058	3.629
x1	0.0001335	0.0001603	0.0001726	0.0001833	0.0001926	0.0002
x2	0.09341	0.1029	0.1065	0.1078	0.1148	0.1004
x3	-0.007067	-0.006714	-0.006582	-0.006207	-0.005089	-0.0061
x4	0.0216	0.02438	0.02601	0.0268	0.02859	0.0247
x5	-0.06653	-0.0458	-0.03913	-0.02531	-0.00611	-0.0419
x6	0.02446	0.02603	0.02641	0.02699	0.02896	0.0288

Number of data points: 38

Effective number of parameters (residual: 2traceS - traceS'S): 9.4103

Effective degrees of freedom (residual: 2traceS - traceS'S): 28.5897

Sigma (residual: 2traceS - traceS'S): 0.7053315

Effective number of parameters (model: traceS): 8.334737

Effective degrees of freedom (model: traceS): 29.66526

Sigma (model: traceS): 0.692427

Sigma (ML): 0.6117955

AICc (GWR p. 61, eq 2.33; p. 96, eq. 4.21): 96.13989

AIC (GWR p. 96, eq. 4.22): 78.83092

Residual sum of squares: 14.22316

Quasi-global R2: 0.527959

Lampiran 8. ANOVA GWR dengan *Software R*

Analysis of Variance Table				
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value
OLS Residuals	7.0000	15.290		
GWR Improvement	2.4103	1.067	0.44268	
GWR Residuals	28.5897	14.223	0.49749	0.8898

Lampiran 9. Estimasi Parameter Model GWR

Kabupaten/ Kota	b0	b1	b2	b3	b4	b5	b6
Pacitan	0,4862	0,000193	0,1011	-0,0066	0,0216	-0,0061	0,0245
Ponorogo	1,8906	0,000185	0,1064	-0,0068	0,0243	-0,0236	0,0259
Trenggalek	1,1595	0,000187	0,1025	-0,0066	0,0228	-0,0140	0,0247
Tulungagung	1,3301	0,000185	0,1025	-0,0066	0,0230	-0,0159	0,0247
Lumajang	2,1167	0,000176	0,1025	-0,0065	0,0241	-0,0246	0,0248
Bondowoso	2,6926	0,000177	0,1069	-0,0067	0,0255	-0,0326	0,0260
Pasuruan	3,1575	0,000170	0,1054	-0,0065	0,0259	-0,0373	0,0259
Jombang	4,0588	0,000154	0,0989	-0,0059	0,0260	-0,0455	0,0260
Nganjuk	4,3349	0,000150	0,0974	-0,0058	0,0260	-0,0482	0,0263
Madiun	6,0579	0,000134	0,0934	-0,0051	0,0266	-0,0665	0,0290
Magetan	5,1798	0,000148	0,1014	-0,0058	0,0275	-0,0589	0,0273
Ngawi	5,3983	0,000147	0,1019	-0,0057	0,0278	-0,0615	0,0275
Bojonegoro	4,1308	0,000159	0,1039	-0,0062	0,0268	-0,0478	0,0264
Tuban	3,9015	0,000163	0,1054	-0,0063	0,0268	-0,0457	0,0264
Lamongan	3,5252	0,000170	0,1080	-0,0066	0,0267	-0,0423	0,0266
Bangkalan	3,2453	0,000172	0,1078	-0,0066	0,0263	-0,0391	0,0264
Pamekasan	2,9943	0,000175	0,1080	-0,0067	0,0260	-0,0364	0,0264
Kota Kediri	1,9765	0,000186	0,1075	-0,0069	0,0246	-0,0250	0,0263
Kota Blitar	1,5655	0,000191	0,1071	-0,0070	0,0240	-0,0204	0,0265
Kota Malang	1,4076	0,000192	0,1065	-0,0070	0,0237	-0,0185	0,0264
Kota Probolinggo	1,6600	0,000191	0,1079	-0,0071	0,0242	-0,0217	0,0268
Kota Pasuruan	2,2254	0,000186	0,1096	-0,0071	0,0252	-0,0286	0,0271
Kota Mojokerto	3,4855	0,000180	0,1148	-0,0071	0,0275	-0,0444	0,0285
Kota Madiun	3,3961	0,000174	0,1100	-0,0067	0,0268	-0,0416	0,0270
Kota Surabaya	3,3789	0,000174	0,1098	-0,0067	0,0267	-0,0413	0,0270

Kota Batu	3,7727	0,000170	0,1101	-0,0066	0,0272	-0,0458	0,0271
Blitar	4,9136	0,000156	0,1067	-0,0061	0,0280	-0,0575	0,0274
Kediri	5,1604	0,000154	0,1062	-0,0060	0,0282	-0,0602	0,0275
Mojokerto	5,6522	0,000150	0,1057	-0,0058	0,0286	-0,0656	0,0279
Banyuwangi	2,6245	0,000177	0,1067	-0,0067	0,0254	-0,0318	0,0260
Gresik	2,2605	0,000174	0,1023	-0,0064	0,0243	-0,0262	0,0248
Jember	3,1836	0,000170	0,1055	-0,0065	0,0259	-0,0377	0,0259
Malang	4,5878	0,000156	0,1040	-0,0061	0,0273	-0,0530	0,0268
Probolinggo	3,6341	0,000167	0,1068	-0,0065	0,0266	-0,0431	0,0264
Sampang	3,2301	0,000173	0,1082	-0,0066	0,0263	-0,0391	0,0265
Sidoarjo	1,6003	0,000190	0,1070	-0,0070	0,0240	-0,0207	0,0264
Situbondo	3,6709	0,000170	0,1090	-0,0066	0,0270	-0,0443	0,0269
Sumenep	3,1272	0,000171	0,1062	-0,0065	0,0259	-0,0373	0,0260

Lampiran 10. *Syntax* Menggunakan *Software R*

```

#Membaca Data
TA=read.table("D:\\daTA.txt", sep=";", header=T)
attach(TA)
formula=ln.y~x1+x2+x3+x4+x5+x6
TA

#Uji Breusch Pagan
library(lmtest)
bptest(ta.lm)

#uji Morans I
library(ape)
data.dist=as.matrix(dist(cbind(u,v)))
data.dist.inv=1/data.dist
diag(data.dist.inv)=0
Moran.I(ln.y,data.dist.inv)

#Membentuk matriks Euclidean
TA.dists=as.matrix(dist(cbind(TA$u,TA$v)))
TA.dists

#Pemilihan Pembobot
#Pembobot Fix Gaussian
library(spgwr)
TAgauss.bwf=gwr.sel(formula,data=TA,coords=cbind(u,v),adapt=F,gweight=gwr.Gauss)
# Pembobot Adaptive Gaussian
TAgauss.adapt=gwr.sel(formula,data=TA,coords=cbind(u,v),adapt=T,gweight=gwr.Gaus)
# Pembobot Fix Bisquare
TAbisquare.fix=gwr.sel(formula,data=TA,coords=cbind(u,v),adapt=F,gweight=gwr.bisquare)
# Pembobot Adaptive Bisquare
TAbisquare.adapt=gwr.sel(formula,data=TA,coords=cbind(u,v),adapt=T,gweight=gwr.bisquare)
# Pembobot Fix Tricube
TAtricube.fix=gwr.sel(formula,data=TA,coords=cbind(u,v),adapt=F,gweight=gwr.tricube)
# Pembobot Adaptive Tricube
TAtricube.adapt=gwr.sel(formula,data=TA,coords=cbind(u,v),adapt=T,gweight=gwr.tricube)

```

```

#Dipilih bandwidth optimum dari cv minimum
TA.OPTIMUM=gwr(formula,data=TA,coords=cbind(u,v), bandwidth=TAbisquare.fix,
hatmatrix=T)
TA.OPTIMUM

#ANOVA
anova(TA.OPTIMUM)

#Uji hipotesis masing2 parameter pada tiap titik observasi
#Menampilkan nilai penduga parameter variabel
names(TA.OPTIMUM)
names(TA.OPTIMUM$SDF)
b0=TA.OPTIMUM$SDF$(Intercept)"
bX1=TA.OPTIMUM$SDF$x1
bX2=TA.OPTIMUM$SDF$x2
bX3=TA.OPTIMUM$SDF$x3
bX4=TA.OPTIMUM$SDF$x4
bX5=TA.OPTIMUM$SDF$x5
bX6=TA.OPTIMUM$SDF$x6

#Menampilkan t hitung
tX1=TA.OPTIMUM$SDF$x1/TA.OPTIMUM$SDF$x1_se
tX2=TA.OPTIMUM$SDF$x2/TA.OPTIMUM$SDF$x2_se
tX3=TA.OPTIMUM$SDF$x3/TA.OPTIMUM$SDF$x3_se
tX4=TA.OPTIMUM$SDF$x4/TA.OPTIMUM$SDF$x4_se
tX5=TA.OPTIMUM$SDF$x5/TA.OPTIMUM$SDF$x5_se
tX6=TA.OPTIMUM$SDF$x6/TA.OPTIMUM$SDF$x6_se

#menampilkan r-square lokal
TA.OPTIMUM.R2=TA.OPTIMUM$SDF$localR2
TA.OPTIMUM.R2

#Menentukan model lokal di excel
write.csv(cbind(b0,bX1,bX2,bX3,bX4,bX5,bX6,tX1,tX2,tX3,tX4,tX5,tX6,TA.OPTIMUM
.R2),"GWRfix.csv")
write.csv(cbind(TA.dists),"euclid.csv")

```

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 28 April 1994 dengan nama lengkap Putu Laksmita Ari Dewi. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara pasangan I Wayan Sudirsa dan Ni Wayan Nestri. Karena alasan pekerjaan orang tua, semasa hidupnya penulis sering berpindah-pindah. Penulis menempuh pendidikan formal di antaranya di SD Negeri 4 Sidorejo (2000-2006), SMP Negeri 2 Arut Selatan (2006-2009) dan SMA Negeri 1 Denpasar (2009-2012). Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Statistika FMIPA ITS melalui jalur SNMPTN Tulis pada tahun 2012 dengan NRP 1312100058. Pada masa perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi TPKH-ITS dan menjabat sebagai staff magang Departemen Pengabdian Masyarakat (2013), Wakil Sekretaris Umum (2013/2014) dan Sekretaris Umum (2014/2015). Selain itu, penulis juga aktif dalam kegiatan sosial, salah satunya menjadi relawan ITS Mengajar (2014). Pada masa perkuliahan, penulis melakukan kerja praktek di PT Rekayasa Industri, Jakarta. Kritik dan saran kepada penulis terkait Tugas Akhir dapat disampaikan melalui *e-mail* mitaaridewi@gmail.com.