

Penerapan Model *Geographically and Temporally Weighted Regression* Pada Kecelakaan Lalu Lintas

Naomi Nessyana Debararaja¹, Dadan Kusnandar^{1*}, Riani Mahalalita¹, Nurfitri Imro'ah¹

¹Program Studi Statistika, FMIPA Universitas Tanjungpura
Jl. Prof. H. Hadari Nawawi, Pontianak

*Email korespondensi: dkusnand@untan.ac.id

Abstrak

Geographically and temporally weighted regression (GTWR) merupakan suatu model yang digunakan untuk menangani ketidakstasioneran pada data baik secara spasial maupun temporal serta menghasilkan parameter yang bersifat lokal. Pada penelitian ini Model GTWR digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi angka kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Mempawah. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari delapan kecamatan dengan variabel yang digunakan adalah angka kecelakaan lalu lintas (Y), jumlah penduduk (X_1), rasio jenis kelamin (X_2), panjang kondisi jalan rusak (X_3) dan persentase usia remaja (X_4). Estimasi parameter model GTWR diperoleh dengan menggunakan metode *Weighted least square* (WLS). Sedangkan pemilihan *bandwidth* optimal menggunakan metode *Cross validation* (CV) dan pembobot yang digunakan adalah fungsi *Fixed bisquare*. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan menggunakan model GTWR, diperoleh hanya variabel jumlah penduduk yang secara signifikan mempengaruhi angka kecelakaan lalu lintas di semua lokasi di Kabupaten Mempawah tahun 2015 sampai dengan 2018. Model GTWR diketahui lebih baik dibandingkan model regresi berganda karena menghasilkan nilai AIC dan RSS yang lebih kecil serta nilai R-square yang lebih besar.

Kata kunci: *Bandwidth, Cross validation, fungsi Fixed bisquare, spasial.*

Abstract

Geographically and temporally weighted regression (GTWR) is a model that is used to deal with instability in data both spatially and temporally and to produce local parameters. In this paper, The GTWR model was used to analyze the factors that influence the number of traffic accidents in Mempawah Regency. The data used in this study came from eight districts with the variables used were the number of traffic accidents, the number of population, gender ratio, length of damaged road conditions, and percentage of adolescence. The parameter estimation of the GTWR model was obtained using the weighted least square (WLS) method. The optimal bandwidth selection was the Cross-Validation (CV) method and the weighting used was the Fixed bisquare function. The GTWR model found only the variable of population size significantly affected the number of traffic accidents in all locations in Mempawah Regency from 2015 to 2018. The GTWR model resulted in a smaller AIC and RSS values and a larger R-square value than those of the multiple regression.

Keywords: *Bandwidth, Cross-validation, Fixed bisquare function, spatial.*

1. Pendahuluan

Pemodelan spasial merupakan sebuah kegiatan yang bertujuan membuat model spasial terhadap suatu masalah yang kemudian divisualisasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) [1]. Data spasial merupakan data yang berorientasi geografis, dimana memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yakni informasi lokasi dan deskriptif atau atribut [2]. Analisis terhadap data spasial memerlukan perhatian lebih dikarenakan kondisi dari suatu lokasi pengamatan akan berbeda dengan lokasi pengamatan lain sehingga munculnya heterogenitas spasial [3]. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah model dalam mengolah data spasial yang melibatkan pengaruh heterogenitas spasial yaitu *Geographically weighted regression* atau biasa disebut GWR. GWR merupakan salah satu bentuk regresi spasial dengan pembobotan berdasarkan letak geografis suatu wilayah yang diwakili oleh titik koordinat geografis [4]. Namun, model GWR kurang tepat untuk menganalisis ada tidaknya efek spasial sekaligus temporal, sehingga dikembangkanlah sebuah metode untuk mengakomodasi data yang tidak hanya bersifat spasial namun sekaligus temporal. Metode ini dikenal dengan *Geographically and Temporally Weighted Regression* atau GTWR [5].

Angka kecelakaan lalu lintas di setiap wilayah akan berbeda-beda tergantung dari keadaan geografis serta faktor-faktor pendukung lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan. Selain itu, angka kecelakaan lalu lintas setiap tahunnya mengalami perubahan dan cenderung meningkat yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti faktor manusia, faktor sarana, faktor lingkungan dan lainnya [6]. Penelitian serupa sebelumnya sudah pernah dilakukan yaitu mengenai tingkat pertumbuhan ekonomi di Jawa Tengah menggunakan model GTWR [7]. Pemodelan ini melibatkan empat variabel bebas yaitu jumlah tenaga kerja, pendapatan lokal, upah minimum kabupaten, dan indeks pembangunan manusia dengan variabel terikatnya yaitu produk domestik regional bruto. Hasil analisis menunjukkan bahwa model GTWR memiliki koefisien determinasi yang lebih baik yaitu (99,8%) dengan nilai AIC 0,84 serta erornya sebesar 1051,98. Secara umum IPM memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap pertumbuhan ekonomi di setiap Kabupaten/ Kota di Jawa Tengah selama 2011 – 2015. Penelitian mengenai model GTWR juga telah dilakukan untuk pemodelan tingkat penduduk miskin di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2008 hingga 2012. Hasil analisis menunjukkan model GTWR berbeda secara signifikan dari regresi global. Berdasarkan nilai R^2 dan *Mean Squared Error* (MSE) antara regresi global dan model GTWR, diketahui bahwa model GTWR dengan fungsi kernel berbobot eksponensial adalah model terbaik yang digunakan untuk menganalisis proporsi orang miskin di Provinsi Jawa Tengah [8]. Dalam penelitian ini model GWTR diterapkan pada kasus yang baru yaitu data kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Mempawah dimana delapan kecamatan menjadi lokasi yang ditetapkan dan pengamatan dilakukan selama empat tahun.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian terapan, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menerapkan suatu teori, model atau konsep matematika dan pemrograman ke bidang terapan yakni penerapan model GTWR pada kecelakaan lalu lintas. Beberapa tahapan dan teori dasar yang digunakan dalam penelitian ini disajikan sebagai berikut.

2.1 Model Regresi Linier

Model regresi didapat dari metode kuadrat terkecil, dimana model tersebut harus memenuhi empat asumsi klasik yaitu normalitas, autokorelasi, multikolinearitas dan heterokedastisitas agar diperoleh hasil yang lebih akurat.

2.2 Koordinat *latitude* dan *longitude*

Dalam analisis data spasial diperlukan informasi lokasi seperti titik koordinat. Titik koordinat ini berupa garis bujur dan garis lintang dari tiap lokasi pengamatan yang didapat menggunakan *Google Maps* dimana, pada penelitian ini titik koordinat yang digunakan merupakan titik dari ibu kota tiap kecamatan yang ada di Kabupaten Mempawah.

2.3 Uji Heterogenitas Spasial dan Heterogenitas Temporal

Sebelum melakukan pemodelan GTWR, dilakukan uji heterogenitas spasial dan temporal. Uji heterogenitas spasial digunakan untuk mengetahui apakah suatu wilayah/ lokasi yang berbeda cenderung memberikan perbedaan/variasi terhadap data yang dianalisis. Sedangkan uji heterogenitas temporal digunakan untuk melihat bagaimana keragaman suatu data di periode yang berbeda. Pemodelan GTWR akan lebih baik jika data terindikasi mengalami heterogenitas secara spasial sekaligus temporal.

2.4 *Bandwidth* Spasial

Bandwidth dianalogikan sebagai radius suatu lingkaran, sehingga sebuah titik lokasi pengamatan yang berada dalam radius lingkaran dianggap berpengaruh dalam bentuk parameter di titik lokasi pengamatan ke- i . Pemilihan *bandwidth* optimum dalam GWR merupakan hal yang penting karena akan mempengaruhi ketepatan model terhadap data. Metode yang digunakan untuk menentukan *bandwidth* optimum adalah validasi silang atau *Cross Validation* (CV). Persamaan CV dapat ditulis sebagai berikut [2]:

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n [Y_i - \hat{Y}_{xi}(h)]^2$$

dimana $\hat{Y}_{xi}(h)$ adalah nilai dugaan Y_i dengan pengamatan di lokasi- i dihilangkan dari proses penaksiran dengan pendekatan model GWR. Nilai *bandwidth* optimum diperoleh ketika CV minimum.

2.5 Pembobot *Fixed Bisquare*

Pembobot sangat dibutuhkan pada analisis data spasial, dimana fungsi pembobot berfungsi untuk menentukan parameter yang berbeda pada setiap titik lokasi pengamatan. Pemilihan fungsi pembobot dapat ditentukan oleh peneliti ataupun memilih pembobot terbaik. Pada model GTWR, besar pembobotan ditentukan menggunakan fungsi *Fixed bisquare* karena menghasilkan hasil yang lebih baik dan standar error yang lebih kecil pada estimasi parameter. Fungsi *Fixed bisquare* dapat ditulis sebagai berikut [9]:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 - \left(\frac{d_{ij}^{ST}}{h_{ST}} \right)^2 & ; d_{ij} \leq h_{ST} \\ 0 & ; d_{ij} > h_{ST} \end{cases}$$

dengan d_{ij}^{ST} merupakan fungsi jarak spasial-temporal antara titik i dan titik j yang diperoleh dari fungsi jarak euclidean yakni $(d_{ij}^S)^2 = (u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2$ dan $(d_{ij}^T)^2 = (t_i - t_j)^2$ serta h_{ST}^2 adalah bandwidth spasial-temporal.

2.6 Uji Signifikansi Model GTWR

Uji signifikansi digunakan untuk melihat variabel bebas mana yang signifikan mempengaruhi variabel terikatnya. Sehingga, setelah diketahui variabel bebas apa saja yang mempengaruhi variabel terikatnya didapatkan model GTWR untuk tiap lokasi pengamatan.

2.7 Model GTWR

Model GTWR merupakan pendekatan yang efektif untuk menangani adanya keragaman spasial dan temporal. Berbeda dengan model GWR, model GTWR menggabungkan informasi spasial dan temporal pada matriks pembobot dalam mengidentifikasi adanya keragaman spasial dan temporal. Model GTWR secara umum dapat dituliskan sebagai berikut [5]:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i, t_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i, t_i) X_{ik} + \varepsilon_i$$

dengan

- i : lokasi pengamatan ke- i , dimana $i=1, 2, \dots, n$.
- k : variabel bebas ke- k , dimana $k=1,2,\dots,p$.
- Y_i : nilai variabel terikat pada titik lokasi pengamatan ke- i
- X_{ik} : nilai variabel bebas ke- k pada titik lokasi pengamatan ke- i
- u_i, v_i : koordinat titik lokasi pengamatan ke- i
- t_i : waktu pengamatan ke- i
- $\beta_0(u_i, v_i, t_i)$: konstanta model GTWR
- $\beta_k(u_i, v_i, t_i)$: koefisien regresi ke- k untuk setiap lokasi pengamatan (u_i, v_i) dan waktu (t_i)
- ε_i : error pada titik lokasi ke- i yang diasumsikan identik independen, dan berdistribusi normal dengan rata-rata nol dan ragam konstan σ^2 atau $(\varepsilon_i \sim IIDN(0, \sigma^2))$.

2.8 Perbandingan Model

Perbandingan model dilakukan untuk melihat model mana yang baik digunakan pada suatu analisis data. ada beberapa metode yang digunakan untuk menentukan model terbaik, diantaranya koefisien determinasi (R^2), Mean Squared Error (MSE), dan Akaike Information Criterion (AIC).

3. Hasil dan Pembahasan

Studi kasus pada penelitian ini adalah mengenai kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Mempawah. Data yang digunakan adalah angka kecelakaan lalu lintas sebagai variabel terikat (Y) dalam satuan kasus, dan empat variabel bebasnya yang diduga signifikan mempengaruhi yaitu jumlah penduduk (X_1) dalam ribuan jiwa, rasio jenis kelamin (X_2), panjang kondisi jalan rusak (X_3) dalam satuan km, dan persentase usia remaja (X_4). Penelitian ini terdiri dari delapan kecamatan yang ada di Kabupaten Mempawah serta titik koordinat berupa garis bujur atau *longitude* dan garis lintang atau *latitude* didapat menggunakan *Google Maps*. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan Software R. Tabel 1 menyajikan statistik deskriptif yang diperoleh dari data. Data yang digunakan pada analisis sebanyak 32. Pada angka kecelakaan lalu lintas, memiliki nilai mean 21,38 dan standar deviasinya 17,89 dengan jumlah kasus terendah yaitu 2 kasus yang terdapat di Kecamatan Toho pada tahun 2015 dan tertinggi adalah 62 kasus yang terjadi di Kecamatan Siantan pada tahun 2016. Tingginya kasus kecelakaan di Kecamatan Siantan kemungkinan dikarenakan selain rawan terjadi kecelakaan juga menjadi kawasan lalu lintas dari berbagai daerah karena letaknya yang strategis. tingginya jumlah penduduk di daerah tersebut juga bisa menjadi penyebab

terjadinya kecelakaan lalu lintas dimana Kecamatan Siantan menempati jumlah penduduk terbanyak kedua setelah Kecamatan Sungai Pinyuh. Berbeda untuk Kecamatan Toho, dimana memiliki jumlah penduduk terendah kedua untuk tahun 2015 dan 2018 serta jumlah penduduk terendah pada tahun 2016 dan 2017.

Tabel 1. Statistik Deskriptif

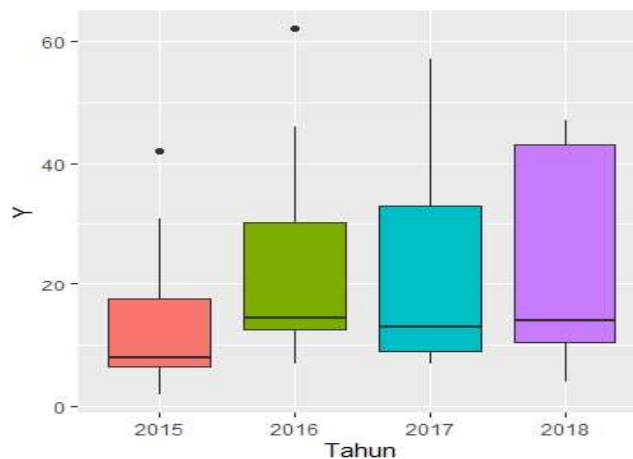
Variabel	N	Min	Max	Mean	Std. Dev
Angka kecelakaan lalu lintas (kasus)	32	2	62	21,38	17,89
Jumlah penduduk (ribuan jiwa)	32	19,156	64,387	36,223	14,255
Rasio jenis kelamin	32	102	109	105,12	2,028
Panjang jalan rusak (km)	32	1,48	70,04	25,81	13,53
Persentase usia remaja(persen)	32	17	22	18,84	1,08

Dari hasil analisis diperoleh model regresi linier sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 11,253 + 1,043X_1$$

Dari model tersebut diperoleh bahwa hanya variabel jumlah penduduk yang signifikan mempengaruhi angka kecelakaan lalulintas di Kabupaten Mempawah secara global. Angka kecelakaan lalu lintas akan meningkat sebesar 1,043 ketika terjadi kenaikan 1.000 jiwa.

Uji heterogenitas spasial digunakan untuk mengetahui apakah terdapat kasus heterogenitas spasial pada data melalui uji Breusch-Pagan (BP). Dari hasil analisis diperoleh nilai P-value yaitu 0,210 lebih besar dari taraf signifikansi 0,05 maka tidak terdapat kasus heterogenitas spasial. Artinya, lokasi atau titik pengamatan yang berbeda cenderung tidak memberikan perbedaan variasi pada kasus angka kecelakaan lalu lintas. Sedangkan uji heterogenitas temporal digunakan untuk mengetahui adanya heterogenitas temporal dengan menggambarkan data menggunakan *Boxplot*.

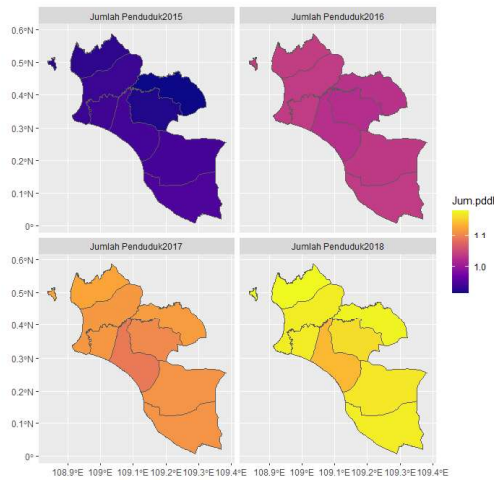


Gambar 1. Boxplot Keragaman Temporal pada Setiap Tahun

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa *boxplot* menunjukkan bahwa sebaran nilai variabel angka kecelakaan lalu lintas pada delapan kecamatan tersebut cenderung beragam setiap tahunnya. Hal ini mengindikasikan adanya keragaman temporal.

Sebelum melakukan estimasi pada model GTWR, maka ditentukan nilai *Bandwidth* spasial menggunakan metode CV. Setelah beberapa kali iterasi menggunakan program R, diperoleh nilai bandwidth spasial (h) yang optimum sebesar 3,454 dengan nilai CV minimum sebesar 3759,265. Selanjutnya dapat dilakukan pengujian signifikansi parameter pada model GTWR.

Pengujian signifikansi dilakukan untuk melihat variabel bebas mana yang signifikan mempengaruhi variabel terikatnya. Dari hasil analisis diperoleh bahwa hanya terdapat X_1 yang signifikan untuk tiap kecamatan di Kabupaten Mempawah pada tahun 2015 hingga 2018. Hal ini menunjukkan kasus kecelakaan lalu lintas di delapan kecamatan di Kabupaten Mempawah hanya dipengaruhi oleh jumlah penduduk. Untuk variabel bebas lainnya, memiliki pengaruh yang kecil sehingga pada analisis dikatakan tidak signifikan. Gambaran tingkat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikatnya disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Sebaran Jumlah Penduduk

Dari Gambar 2 dapat dilihat bagaimana tingkat pengaruh jumlah penduduk terhadap angka kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Mempawah dari tahun 2015 hingga 2018. Semakin terang warna pada peta menunjukkan bahwa pengaruh jumlah penduduk terhadap angka kecelakaan lalu lintas semakin besar. Setelah didapatkan Model GTWR, maka selanjutnya dilakukan perbandingan model pada model regresi linier dan model GTWR dengan memperhatikan nilai *R-Square*, AIC, dan RSS pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Model

Pemodelan	R-Square	AIC	RSS
Regresi linier berganda	0,725	245,03	2724,47
GTWR	0,764	235,22	2341,63

Dari perbandingan model pada Tabel 2, terlihat bahwa model GTWR lebih baik dibandingkan dengan model Regresi Linier Berganda. Hal ini ditunjukkan dari nilai *R-Squared* yang lebih tinggi, dan nilai AIC dan RSS yang lebih kecil. Selain itu, ditampilkan pula model GTWR untuk tiap kecamatan di Kabupaten Mempawah tahun 2015-2018 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Model GTWR tiap Kecamatan di Kabupaten Mempawah

No	Kecamatan	Tahun	Model GTWR
1	Mempawah Hilir	2015	$\hat{Y}_1 = 75,392 + 0,936X_1$
2	Mempawah Timur	2015	$\hat{Y}_2 = 68,234 + 0,938X_1$
3	Sungai Kunyit	2015	$\hat{Y}_3 = 79,762 + 0,928X_1$
4	Sungai Pinyuh	2015	$\hat{Y}_4 = 73,048 + 0,942X_1$
5	Siantan	2015	$\hat{Y}_5 = 84,433 + 0,949X_1$
6	Segedong	2015	$\hat{Y}_6 = 72,397 + 0,942X_1$
7	Anjongan	2015	$\hat{Y}_7 = 69,695 + 0,922X_1$
8	Toho	2015	$\hat{Y}_8 = 71,258 + 0,915X_1$
9	Mempawah Hilir	2016	$\hat{Y}_9 = 12,283 + 1,036X_1$
10	Mempawah Timur	2016	$\hat{Y}_{10} = 10,158 + 1,035X_1$
11	Sungai Kunyit	2016	$\hat{Y}_{11} = 12,283 + 1,037X_1$
12	Sungai Pinyuh	2016	$\hat{Y}_{12} = 17,972 + 1,026X_1$
13	Siantan	2016	$\hat{Y}_{13} = 16,539 + 1,036X_1$
14	Segedong	2016	$\hat{Y}_{14} = 13,927 + 1,034X_1$
15	Anjongan	2016	$\hat{Y}_{15} = 15,402 + 1,024X_1$
16	Toho	2016	$\hat{Y}_{16} = 18,049 + 1,028X_1$
17	Mempawah Hilir	2017	$\hat{Y}_{17} = -50,399 + 1,115X_1$

18	Mempawah Timur	2017	$\hat{Y}_{18} = -49,917 + 1,114X_1$
19	Sungai Kunyit	2017	$\hat{Y}_{19} = -55,369 + 1,125X_1$
20	Sungai Pinyuh	2017	$\hat{Y}_{20} = -33,520 + 1,089X_1$
21	Siantan	2017	$\hat{Y}_{21} = -40,493 + 1,111X_1$
22	Segedong	2017	$\hat{Y}_{22} = -44,095 + 1,111X_1$
23	Anjongan	2017	$\hat{Y}_{23} = -39,420 + 1,103X_1$
24	Toho	2017	$\hat{Y}_{24} = -38,635 + 1,118X_1$
25	Mempawah Hilir	2018	$\hat{Y}_{25} = -104,810 + 1,171X_1$
26	Mempawah Timur	2018	$\hat{Y}_{26} = -108,181 + 1,170X_1$
27	Sungai Kunyit	2018	$\hat{Y}_{27} = -104,189 + 1,178X_1$
28	Sungai Pinyuh	2018	$\hat{Y}_{28} = -85,488 + 1,137X_1$
29	Siantan	2018	$\hat{Y}_{29} = -86,397 + 1,171X_1$
30	Segedong	2018	$\hat{Y}_{30} = -93,234 + 1,167X_1$
31	Anjongan	2018	$\hat{Y}_{31} = -89,063 + 1,160X_1$
32	Toho	2018	$\hat{Y}_{32} = -85,172 + 1,175X_1$

Faktor yang signifikan mempengaruhi angka kecelakaan lalu lintas tiap Kecamatan di Kabupaten Mempawah pada tahun 2015-2018 adalah variabel jumlah penduduk.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa model GTWR lebih baik dibandingkan model regresi linier dikarenakan menghasilkan nilai RSS dan AIC yang lebih kecil serta nilai *R-squared* yang lebih besar. Penelitian lebih lanjut mengenai penerapan model GTWR adalah dapat lebih maksimal ketika data yang akan dianalisis mengandung heterogenitas spasial dan heterogenitas temporal, dimana kemungkinan mengalami heterogenitas akan semakin besar ketika semakin banyak lokasi pengamatan yang dianalisis.

Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti menyampaikan terima kasih kepada FMIPA Universitas Tanjungpura untuk dana penelitian DIPA 2020 dan Polres Mempawah serta Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kabupaten Mempawah yang telah memberikan data untuk kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka:

- [1] Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., dan Rhind, D.W. 2005. *Geographical Information Systems and Science. 2nd Edition*. John Wiley & Sons, West Sussex.
- [2] Fotheringham, A., S., Brunson, C., dan Charlton, M. 2002. *Geographically Weighted Regression*, John Wiley and Sons, Chichester, UK.
- [3] Yasin, H., 2011, Pemilihan Variabel pada Model Geographically Weighted Regression, *Jurnal Media Statistika* 2:63-72.
- [4] Caraka, R., E., dan Yasin, H., 2017, *Geographically Weighted Regression (GWR) Sebuah Pendekatan Regresi Geografis*, Mobius: Yogyakarta.
- [5] Huang, B., Wu, B., dan Barry, M., 2008, Geographically and Temporally Weighted Regression for Modelling Spatio-Temporal Variation in House Prices, *International Journal of Geographical Information Science*, 24:383-401.
- [6] Saputra, A., D., 2017, Studi Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Jalan di Indonesia Berdasarkan Data KNKT, *Jurnal Warta Penelitian Perhubungan*, 29:179-189.
- [7] Sholihin, M., Soleh, M., dan Djuraidah, A., 2017, Geographically and Temporally Weighted Regression (GTWR) for Modelling Economic Growth Using R, *International Journal of Computer Science and Network (IJCSN)*, 6:800-805.
- [8] Widiyanti, K., Y., Yasin, H., dan Sugito, 2014, Pemodelan Proporsi Penduduk Miskin Kabupaten dan Kota di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan *Geographically and Temporally Weighted Regression*, *Jurnal Gaussian*, 3:691-700.
- [9] Sholihin, M., 2018, *Pengembangan Regresi Terboboti Geografis dan Temporal Menggunakan Interaksi Jarak Spasial-Temporal*, Bogor: Institut Pertanian Bogor (tesis).
- [10] R Core Team. 2020. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.