

PEMETAAN ZONASI RESIKO COVID-19 DI PROVINSI JAWA BARAT MENGGUNAKAN MODEL *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED ORDINAL LOGISTIC REGRESSION* (GWOLR)

Arif Rahman¹, Nurul Gusriani², Dianne Amor Kusuma³

^{1,2,3} Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM 21, Bandung, Indonesia

Email: arif17002@mail.unpad.ac.id

ABSTRACT

COVID-19 risk zone is a categorization or area mapping to the spread of COVID-19 which aims to provide a spatial description of the conditions and potential for the spread of COVID-19 in an area. COVID-19 risk zone is a spatial problem related to geographical factors. Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression (GWOLR) model used for modelling the relationship between categorical response on an ordinal scale and predictor variables that depend on geographic location. The data used is secondary data consisting of the response variable (Y) namely the COVID-19 risk zone and the predictor variables (X) is the factors that influence the COVID-19 risk zone. The parameter estimation of the GWOLR model uses the weighted maximum likelihood estimation method the Adaptive Gaussian Kernel weighting function followed by Newton-Raphson iteration. Testing of the significance of the GWOLR model parameters simultaneously with the G^2 test and partial testing with the Z test. Based on analysis results, the best model with a significant variable X_3 was the percentage of population who had health complaints for the last month. The accuracy of classification between the results of observations and predictions is 62.96%, thus the GWOLR model can be recommended to predict the risk zone of COVID-19 in West Java Province.

Keywords: COVID-19 risk zone, geographically weighted ordinal logistic regression, adaptive gaussian kernel

ABSTRAK

Zonasi resiko COVID-19 merupakan kategorisasi atau pemetaan suatu daerah terhadap penyebaran COVID-19 yang bertujuan untuk memberikan gambaran spasial mengenai kondisi dan potensi penyebaran COVID-19 di suatu daerah. Zonasi resiko COVID-19 merupakan permasalahan spasial yang terkait faktor geografis. Model *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR) digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon yang bersifat kategorik berskala ordinal dengan variabel prediktor yang bergantung pada lokasi geografis. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang terdiri dari variabel respon (Y) yaitu zonasi resiko COVID-19 dan variabel prediktor (X) yaitu faktor-faktor yang memengaruhi zonasi resiko COVID-19. Estimasi parameter model GWOLR menggunakan metode maksimum *likelihood* terboboti dengan fungsi pembobot *Adaptive Gaussian Kernel* yang dilanjutkan dengan iterasi *Newton-Raphson*. Pengujian signifikansi parameter model GWOLR secara serentak dilakukan dengan uji G^2 dan pengujian secara parsial dilakukan dengan uji Z . Berdasarkan hasil analisis, diperoleh model terbaik dengan variabel yang signifikan X_3 yaitu persentase penduduk yang memiliki keluhan kesehatan selama sebulan terakhir. Ketepatan klasifikasi antara hasil observasi dan prediksi sebesar 62.96%, dengan demikian model GWOLR cukup dapat direkomendasikan untuk memprediksi zonasi resiko COVID-19 di Provinsi Jawa Barat.

Kata kunci: Adaptive gaussian kernel, geographically weighted ordinal logistic regression, zonasi resiko covid-19

Dikirim: 21 Januari 2022; Diterima: 05 Maret 2022; Dipublikasikan: 30 Maret 2022

Cara sitasi: Rahman, A., Gusriani, N., & Kusuma, D. A. (2022). Pemetaan zonasi resiko covid-19 di provinsi jawa barat menggunakan model *geographically weighted ordinal logistic regression* (gwolr). *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 7(1), 193–204. DOI: <http://dx.doi.org/10.25157/teorema.v7i1.7050>

PENDAHULUAN

Dalam epidemiologi, data pada umumnya terkait dengan lokasi geografis dimana data tersebut diamati (Rifada & Purhadi, 2011). Salah satu penyakit menular yang terkait dengan faktor lokasi geografis adalah COVID-19. COVID-19 merupakan virus yang pertama kali muncul di Wuhan pada bulan Desember 2019, menular, memakan banyak korban jiwa, dan penyebarannya sangat cepat (Kusuma, 2021) sehingga *World Health Organization* (WHO) pada tanggal 11 Maret 2020 menetapkan virus COVID-19 sebagai pandemi (Harisuddin, 2021). Berdasarkan data dari *website* Pusat Informasi dan Koordinasi COVID-19 Jawa Barat (Pikobar), kasus positif di Provinsi Jawa Barat periode Maret sampai dengan Desember 2020 telah mencapai 87.482 kasus. Berdasarkan jumlah tersebut, Provinsi Jawa Barat berada pada peringkat kedua kasus positif COVID-19 terbanyak di Indonesia.

Dalam upaya menangani peningkatan penyebaran COVID-19 di Provinsi Jawa Barat, pemerintah mengeluarkan Peraturan Gubernur Nomor 46 Tahun 2020 tentang Pedoman Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) secara proporsional sesuai zonasi resiko COVID-19 setiap kota dan kabupaten yang bertujuan untuk memberikan gambaran spasial mengenai kondisi dan potensi penyebaran COVID-19 di suatu wilayah. Berdasarkan Peraturan Gubernur Nomor 63 Tahun 2020, pemerintah Provinsi Jawa Barat membagi zona resiko COVID-19 menjadi empat kategori yaitu zona resiko tinggi, zona resiko sedang, zona resiko rendah, zona tidak ada kasus atau tidak terdampak.

Penentuan kategori zonasi resiko COVID-19 dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa indikator dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan kategori zonasi resiko COVID-19 di setiap daerah akan berbeda, karena setiap daerah memiliki karakteristik geografis tersendiri seperti luas wilayah, sebaran penduduk setiap kota dan kabupaten yang akan berdampak pada kepadatan penduduk, mobilitas penduduk dan hal lain yang berbeda setiap daerahnya. Adanya perbedaan ini menjadikan penentuan zonasi resiko COVID-19 merupakan salah satu permasalahan spasial, karena faktor geografis atau lokasi mempengaruhi suatu daerah dalam penentuan zonasi resiko COVID-19. Data yang mengandung permasalahan spasial memerlukan metode pemodelan statistik yang memperhatikan letak geografis (Fotheringham *et al.*, 2002). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis masalah spasial tersebut adalah model *Geographically Weighted Regression* (GWR).

Model GWR adalah model regresi yang melakukan penaksiran parameter secara lokal pada setiap lokasi pengamatan (Fotheringham *et al.*, 2002). Saat ini, model GWR telah mengalami pengembangan menjadi berbagai macam model. Salah satunya adalah model *Geographically Weighted Logistic Regression* (GWLR) (Atkinson *et al.*, 2003), dimana model ini digunakan apabila variabel respon bersifat kategorik. Model GWLR dapat dikembangkan menjadi model *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR) (Rifada & Purhadi, 2011) apabila variabel respon bersifat kategorik berskala ordinal.

Model GWR digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon yang bersifat numerik dengan variabel prediktor, sementara model GWLR digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon yang bersifat kategorik biner dengan variabel prediktor. Dalam penelitian ini, model yang digunakan adalah model GWOLR karena model ini dapat memodelkan hubungan antara variabel respon yang bersifat kategorik dan berskala ordinal yaitu Zonasi Resiko COVID-19 dengan variabel prediktor yaitu faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya yang bergantung pada lokasi pengamatan dimana data tersebut diamati.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah Model *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR). Model GWOLR merupakan kombinasi antara model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan model Regresi Logistik Ordinal yang berguna untuk memodelkan

hubungan antara variabel respon bersifat kategorik dengan variabel prediktor yang bergantung pada lokasi pengamatan (Sylfi & Ratnasari, 2015).

Objek yang digunakan dalam penelitian ini data zonasi resiko COVID-19 setiap kota dan kabupaten di Provinsi Jawa Barat yang terdiri dari 9 kota dan 18 kabupaten pada bulan Desember tahun 2020 beserta faktor-faktor yang diduga memengaruhinya, yang akan dianalisis menggunakan model *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Untuk data zonasi resiko COVID-19 diambil dari *website* Satuan Tugas Penanganan COVID-19 (<https://covid-19.go.id/>), sementara untuk data faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap zonasi resiko COVID-19 diambil dari publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) (Badan Pusat Statistik, 2021) dan Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat yaitu Provinsi Jawa Barat Dalam Angka dan Profil Kesehatan Jawa Barat (Dinas Kesehatan, 2021).

Berikut merupakan langkah-langkah analisis yang dilakukan (Rifada & Purhadi, 2011):

- a. Melakukan statistika deskriptif untuk dapat mendeskripsikan data zonasi resiko COVID-19 setiap kota dan kabupaten di Provinsi Jawa Barat beserta faktor-faktor yang diduga memengaruhinya.
- b. Mendeteksi multikolinearitas antar variabel prediktor dengan menggunakan nilai *Variance Inflation Factor* (VIF). Rumus yang digunakan untuk mencari nilai VIF adalah sebagai berikut (William, 2015):

$$VIF_k = \frac{1}{1 - R_k^2}, \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (1)$$

- c. Melakukan pemodelan model GWOLR.

1. Menentukan titik koordinat u_i dan v_i dimana u_i merupakan garis lintang (*latitude*) dan v_i merupakan garis bujur (*longitude*).
2. Menentukan jarak *Euclidean* antara lokasi pengamatan (u_i, v_i) dengan (u_j, v_j) dengan menggunakan rumus berikut:

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

3. Menentukan nilai *bandwidth* dimana *bandwidth* dapat dianalogikan sebagai radius dari suatu lingkaran dengan jari-jari R yang ditarik dari titik pusat lokasi, yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan pembobot setiap lokasi pengamatan (Hardle & Marron, 1991). Pemilihan *bandwidth* secara otomatis dilakukan dengan menggunakan metode *interval search* dengan melakukan proses *trial and error* untuk suatu nilai *bandwidth* pada interval tertentu. Proses ini dilakukan hingga diperoleh *bandwidth* optimum. Metode yang digunakan untuk menentukan *bandwidth* optimum yaitu *Cross Validation* (CV) (Fotheringham *et al.*, 2002). Untuk mendapatkan nilai *bandwidth* yang optimum maka suatu *bandwidth* harus menghasilkan nilai CV yang minimum agar mendapatkan nilai pembobot yang sesuai sehingga dapat berpengaruh dalam membentuk parameter yang baik pada lokasi pengamatan tersebut. Berikut merupakan rumus untuk CV:

$$CV = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^G [y_{i,g} - \hat{\pi}_{\neq i,g}(b)]^2 \quad (3)$$

4. Menentukan pembobot spasial setiap lokasi pengamatan menggunakan fungsi pembobot *Adaptive Gaussian Kernel* dengan memasukkan nilai jarak *Euclidean* (d_{ij}) dan *bandwidth* optimum ($b(i)$) setiap lokasi pengamatan ke dalam rumus berikut:

$$w_{ij} = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{b(i)} \right)^2 \right] \quad (4)$$

5. Melakukan estimasi parameter dengan menggunakan metode *Weighted Maximum Likelihood Estimation* (WMLE) dilanjutkan dengan iterasi *Newton-Raphson*.
 - a) Membentuk fungsi *likelihood* sebagai berikut:

$$L(\theta(u_i, v_i)) = \prod_{i=1}^n \prod_{g=1}^G (\pi^*_g(x_i))^{y_{ig}} \quad (5)$$

- b) Untuk mempermudah perhitungan, dilakukan transformasi *ln* sehingga terbentuk fungsi *ln-likelihood*:

$$l(\theta) = \ln \left[\prod_{i=1}^n (\pi^*_1(x_i))^{y_{i1}} (\pi^*_2(x_i))^{y_{i2}} \dots (\pi^*_g(x_i))^{y_{ig}} \right] w_{ij}(u_i, v_i) \quad (6)$$

Jika variabel respon memiliki tiga kategori ($G = 3$), maka diperoleh fungsi *ln-likelihood* sebagai berikut:

$$l(\theta) = \sum_{i=1}^n \{y_{i1} \ln(\pi^*_1(x_i)) + y_{i2} \ln(\pi^*_2(x_i)) + y_{i3} \ln(\pi^*_3(x_i))\} w_{ij}(u_i, v_i) \quad (7)$$

Persamaan (7) dapat diuraikan menjadi:

$$l(\theta) = \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} y_{i1}(\alpha_1(u_i, v_i) + x_i^T \beta(u_i, v_i)) \\ - (y_{i1} + y_{i2}) \ln(1 + e^{\alpha_1(u_i, v_i) + x_i^T \beta(u_i, v_i)}) \\ + y_{i2} \ln(e^{\alpha_2(u_i, v_i) + x_i^T \beta(u_i, v_i)} - e^{\alpha_1(u_i, v_i) + x_i^T \beta(u_i, v_i)}) \\ - (y_{i2} + y_{i3}) \ln(1 + e^{\alpha_2(u_i, v_i) + x_i^T \beta(u_i, v_i)}) \end{array} \right\} w_{ij}(u_i, v_i) \quad (8)$$

- c) Memaksimumkan fungsi *ln-likelihood* di atas dengan menentukan turunan parsial pertama terhadap parameter yang diestimasi kemudian disamakan dengan nol (Zuhdi & Saputro, 2017)
- d) Melakukan iterasi *Newton-Raphson* dengan menggunakan rumus berikut (Agresti, 2002)
- $$\theta^{(t+1)}(u_i, v_i) = \theta^{(t)}(u_i, v_i) - [H(\theta^{(t)}(u_i, v_i))]^{-1} g(\theta^{(t)}(u_i, v_i)) \quad (9)$$
6. Melakukan pengujian parameter secara serentak dengan uji G^2
7. Melakukan pengujian parameter secara parsial dengan uji Z
- d. Melakukan interpretasi model logit GWOLR berdasarkan jenis variabelnya (Hosmer & Lemeshow, 2000)
- e. Melakukan evaluasi parameter model GWOLR untuk mengetahui seberapa baik suatu model dengan melakukan pengujian APER (*Apparent Error Rate*). APER merupakan ukuran evaluasi yang digunakan untuk melihat peluang kesalahan klasifikasi. Nilai APER menunjukkan proporsi observasi yang salah diklasifikasikan (Johnson & Wichern, 2007).
- f. Melakukan pemetaan zonasi resiko COVID-19 berdasarkan hasil prediksi kategori zonasi resiko COVID-19.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data Penelitian

Data yang digunakan adalah data sekunder yaitu Zonasi Resiko COVID-19 di Provinsi Jawa Barat bulan Desember tahun 2020 sebagai variabel respon (Y) dan faktor-faktor yang diduga memengaruhi sebagai variabel prediktor (X) yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat dan Pusat Informasi dan Koordinasi COVID-19 Jawa Barat (Pikobar). Deskripsi untuk masing-masing variabel penelitian yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel penelitian

Variabel	Keterangan variabel	Tipe variabel
Y_i	Zonasi resiko COVID-19 setiap kota dan kabupaten, dengan $i = 1,2,3,4$	Ordinal
X_1	Kepadatan penduduk per- km^2 setiap kota dan kabupaten	Kontinu
X_2	Angka atau jumlah insidensi penyakit pneumonia setiap kota dan kabupaten	Kontinu
X_3	Persentase penduduk yang mempunyai keluhan kesehatan sebulan terakhir setiap kota dan kabupaten	Kontinu
X_4	Persentase rumah tangga yang memiliki akses sanitasi yang layak setiap kota dan kabupaten	Kontinu
X_5	Persentase rumah tangga ber-perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) setiap kota dan kabupaten	Kontinu
X_6	Persentase tempat-tempat umum yang memenuhi syarat kesehatan setiap kota dan kabupaten	Kontinu

Tabel 1 menunjukkan bahwa dalam penelitian ini terdapat enam variabel prediktor dengan tipe variabel kontinu dan terdapat satu variabel respon dengan tipe variabel yaitu ordinal.

Pendeteksian Multikolinearitas

Pendeteksian multikolinearitas dilakukan dengan cara menghitung nilai VIF berdasarkan persamaan (1) menggunakan *software R Studio*. Untuk nilai VIF disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai VIF variabel prediktor

Variabel prediktor	Nilai VIF
X_1	1.258553
X_2	1.124891
X_3	1.219093
X_4	1.325832
X_5	1.355008
X_6	1.289652

Berdasarkan Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa variabel prediktor tidak mengalami multikolinearitas karena semua variabel prediktor memiliki nilai VIF yang kurang dari 10, sehingga antar variabel prediktor tidak saling berkorelasi atau tidak adanya multikolinearitas diantara variabel prediktor.

Pemodelan *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR)

Pada pemodelan GWOLR langkah-langkah yang dilakukan meliputi perhitungan jarak *Euclidean*, penentuan *bandwidth* optimum, penentuan pembobot, penaksiran parameter model GWOLR, pengujian parameter model GWOLR secara serentak dan pengujian parameter model GWOLR secara parsial.

Perhitungan Jarak *Euclidean*

Jarak *Euclidean* antar lokasi pengamatan dihitung berdasarkan koordinat setiap pusat kota dan kabupaten di Provinsi Jawa Barat. Misalkan dalam menghitung jarak *Euclidean* untuk lokasi pertama (u_1, v_1) yaitu Kabupaten Bandung dengan kota dan kabupaten lain sebagai berikut:

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

$$d_{11} = \sqrt{(-7,0252 - (-7,0252))^2 + (107,5259 - 107,5259)^2} = 0$$

$$d_{12} = \sqrt{(-7,0252 - (-6,8612))^2 + (107,5259 - 107,5147)^2} = 0$$

$$\vdots$$

$$d_{127} = \sqrt{(-7,0252 - (-7,31385))^2 + (107,5259 - 108,2229)^2} = 0.7544190$$

Perhitungan jarak *Euclidean* di atas dilakukan dengan cara yang sama untuk seluruh lokasi pengamatan sampai jarak antar lokasi pengamatan terakhir yaitu lokasi ke-27 (Kota Tasikmalaya) dengan lokasi lainnya.

Penentuan *Bandwidth* Optimum dan Pembobot Spasial

Penentuan *bandwidth* optimum dilakukan dengan metode *Cross Validation*, yang diperoleh ketika nilai CV minimum. Berikut merupakan nilai *bandwidth* optimum yang dihitung dengan menggunakan bantuan *software R studio* untuk lokasi pertama yaitu Kabupaten Bandung yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai *bandwidth* optimum setiap lokasi pertama

Kota/Kabupaten	<i>Bandwidth</i> optimum
Kab. Bandung	1.163756

Tabel 3 memperlihatkan bahwa nilai *bandwidth* optimum untuk lokasi pertama yaitu Kabupaten Bandung adalah sebesar 1.163756. Setelah mendapatkan nilai *bandwidth* optimum setiap lokasi pengamatan maka tahapan selanjutnya menentukan pembobot spasial setiap lokasi pengamatan menggunakan fungsi pembobot spasial yaitu fungsi *Adaptive Gaussian Kernel*. Misalkan untuk pembobot spasial lokasi pengamatan pertama (u_1, v_1) yaitu Kabupaten Bandung dengan kota dan kabupaten lainnya yang tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks pembobot spasial lokasi pertama dengan lokasi lainnya

Lokasi ke- <i>i</i>	Pembobot	Lokasi ke- <i>i</i>	Pembobot	Lokasi ke- <i>i</i>	Pembobot
1	1	10	0.9158881	19	0.9927042
2	0.9916300	11	0.8835101	20	0.8704719
3	0.9215647	12	0.9113433	21	0.9012161
4	0.9115752	13	0.8563768	22	0.9159311
5	0.8936353	14	0.9500520	23	0.9933888
6	0.9634707	15	0.9253179	24	0.8680666
7	0.8770711	16	0.8942631	25	0.9040513
8	0.9575740	17	0.9515413	26	0.9412920
9	0.8560024	18	0.9151571	27	0.9069767

Tabel 4 menunjukkan nilai pembobot spasial untuk lokasi pertama dengan lokasi lainnya. Perhitungan pembobot spasial dilakukan dengan cara yang sama untuk seluruh masing-masing lokasi pengamatan sampai pembobot spasial lokasi pengamatan terakhir yaitu lokasi ke-27 (Kota Tasikmalaya) dengan lokasi lainnya.

Estimasi Parameter Model GWOLR

Setelah memperoleh pembobot untuk masing-masing lokasi pengamatan, langkah selanjutnya adalah melakukan estimasi parameter model GWOLR menggunakan metode WMLE, dilanjutkan dengan iterasi *Newton-Raphson* seperti pada persamaan (9). Hasil estimasi parameter model GWOLR diperoleh nilai-nilai parameter regresi untuk setiap lokasi pengamatan. Sebagai

contoh, hasil estimasi parameter lokasi pengamatan pertama yaitu Kabupaten Bandung dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Estimasi parameter model GWOLR lokasi pertama

Parameter	Hasil estimasi
$\alpha_1(u_i, v_i)$	-9.25915
$\alpha_2(u_i, v_i)$	-5.42982
$\beta_1(u_i, v_i)$	3.91E-05
$\beta_2(u_i, v_i)$	8.45E-05
$\beta_3(u_i, v_i)$	0.168854
$\beta_4(u_i, v_i)$	-0.00581
$\beta_5(u_i, v_i)$	0.035872
$\beta_6(u_i, v_i)$	-0.01593

Tabel 5 menunjukkan hasil estimasi setiap parameter untuk lokasi pengamatan pertama yaitu Kabupaten Bandung. Setelah mendapatkan estimasi parameter regresi model GWOLR setiap lokasi pengamatan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian parameter secara serentak dengan uji G^2 dan secara parsial dengan uji Z .

Pengujian Serentak Model GWOLR

Pengujian parameter regresi secara serentak dilakukan untuk mengetahui signifikansi parameter terhadap variabel respon secara keseluruhan pada model GWOLR. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

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

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0, \text{ dengan } k = 1, 2, 3, \dots, p$$

Untuk taraf signifikansi sebesar 10% serta berdasarkan perhitungan menggunakan *software R studio*, diperoleh nilai dari statistik uji G^2 , nilai kritis, dan keputusan yang ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian serentak parameter model GWOLR

Statistik uji G^2	Nilai $\chi^2_{(0.1,8)}$	Keputusan uji
275.5402	13.36	Tolak H_0

Berdasarkan Tabel 6, dapat dilihat bahwa nilai dari statistik uji G^2 adalah sebesar 275.5402 dan nilai $\chi^2_{(0.1,8)}$ sebesar 13.36, dan jika dibandingkan kedua nilai tersebut maka nilai statistik uji G^2 lebih besar dari nilai $\chi^2_{(0.1,8)}$ sehingga keputusannya adalah tolak H_0 , dengan keputusan tersebut dapat disimpulkan bahwa minimal terdapat satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon yaitu Zonasi Resiko COVID-19 setiap kota dan kabupaten di Provinsi Jawa Barat.

Pengujian Parsial Model GWOLR

Setelah dilakukan pengujian parameter secara serentak, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian parameter regresi secara parsial. Pengujian parameter regresi secara parsial dilakukan untuk mengetahui signifikansi tiap parameter terhadap variabel respon secara individu. Untuk hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0 \text{ (variabel ke-} k \text{ tidak berpengaruh signifikan)}$$

$$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0, \text{ dengan } k = 1, 2, 3, \dots, p \text{ (variabel ke-} k \text{ berpengaruh signifikan)}$$

Statistik uji yang digunakan adalah nilai Z hitung dengan tingkat signifikansi sebesar 10%. Pada model GWOLR, setiap kota dan kabupaten di Provinsi Jawa Barat memiliki model yang berbeda, sehingga variabel yang signifikan tiap lokasinya berbeda. Misalkan akan menguji parameter regresi secara parsial pada lokasi pertama yaitu Kabupaten Bandung, dapat dilihat nilai

standar eror dan Z hitung setiap parameter berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *software R studio* disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian parsial parameter model GWOLR

Parameter	Hasil estimasi	Standar eror	Z Hitung $ (Z_{hit})_k $
$\alpha_1(u_i, v_i)$	-9.25915	3.164362	-2.92607*
$\alpha_2(u_i, v_i)$	-5.42982	2.824435	-1.92245*
$\beta_1(u_i, v_i)$	3.91E-05	7.12E-05	0.54866
$\beta_2(u_i, v_i)$	8.45E-05	6.32E-05	1.337322
$\beta_3(u_i, v_i)$	0.168854	0.066576	2.536257*
$\beta_4(u_i, v_i)$	-0.00581	0.023472	-0.24739
$\beta_5(u_i, v_i)$	0.035872	0.025925	1.3837
$\beta_6(u_i, v_i)$	-0.01593	0.026504	-0.60095

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa jika menggunakan taraf signifikansi sebesar 10%, maka variabel yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon adalah variabel yang memiliki nilai $|(Z_{hit})_k| > Z_{0.1/2}$, dimana nilai dari $Z_{0.1/2} = 1.645$. Oleh karena itu, Tabel 7 menunjukkan bahwa variabel yang berpengaruh signifikan hanya (X_3) yakni persentase penduduk yang memiliki keluhan kesehatan selama sebulan terakhir karena memiliki nilai $|(Z_{hit})_k| > Z_{0.1/2}$.

Tahap selanjutnya yaitu melakukan estimasi kembali dengan mengeluarkan variabel-variabel yang tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon. Berdasarkan estimasi parameter variabel yang signifikan, diperoleh hasil estimasi parameter lokasi pertama yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Estimasi parameter variabel signifikan

Parameter	Hasil estimasi
$\alpha_1(u_i, v_i)$	-6.88193
$\alpha_2(u_i, v_i)$	-3.33733
$\beta_3(u_i, v_i)$	0.140922

Tabel 8 menunjukkan hasil estimasi parameter variabel signifikan. Setelah memperoleh hasil estimasi parameter, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian parameter serentak kembali. Berdasarkan perhitungan menggunakan bantuan *software R studio*, berikut merupakan nilai dari statistik uji G^2 , nilai kritis, dan keputusan yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengujian parameter serentak variabel signifikan

Statistik uji G^2	Nilai $\chi^2_{(0.1,3)}$	Keputusan uji
184.7467	6.25	Tolak H_0

Berdasarkan Tabel 9, dapat dilihat nilai dari statistik uji G^2 adalah sebesar 184.7467 dan untuk nilai $\chi^2_{(0.1,3)}$ adalah sebesar 6.25. Berdasarkan nilai tersebut, maka nilai statistik uji G^2 lebih besar dibandingkan nilai $\chi^2_{(0.1,3)}$ sehingga keputusannya yaitu tolak H_0 , dengan keputusan tolak H_0 dapat disimpulkan bahwa minimal terdapat satu variabel prediktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon yaitu Zonasi Resiko COVID-19 setiap kota dan kabupaten di Provinsi Jawa Barat.

Setelah pengujian kembali parameter secara serentak, tahap selanjutnya adalah kembali melakukan pengujian parameter secara parsial. Berdasarkan perhitungan, didapat hasil dari nilai estimasi parameter, standar eror dan Z hitung pada lokasi pertama yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengujian parameter parsial variabel signifikan

Parameter	Hasil estimasi	Standar eror	Z Hitung $ (Z_{hit})_k $
$\alpha_1(u_i, v_i)$	-6.88193	2.27359	-3.0269
$\alpha_2(u_i, v_i)$	-3.33733	1.930493	-1.72874
$\beta_3(u_i, v_i)$	0.140922	0.060614	2.324909

Berdasarkan Tabel 10, hasil pengujian parameter parsial menunjukkan bahwa semua nilai $|(Z_{hit})_k|$ lebih besar dari nilai $Z_{0.1/2} = 1.645$, sehingga semua variabel berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon.

Interpretasi dan Evaluasi Model

Berdasarkan estimasi parameter pada lokasi pertama yaitu Kabupaten Bandung, parameter yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon adalah $\beta_3(u_i, v_i)$ sehingga dapat dibentuk model logit Zonasi Resiko COVID-19 sebagai berikut:

$$\text{logit}[P(Y_i \leq 1|x_i)] = -6.88193 + 0.140922X_3$$

$$\text{logit}[P(Y_i \leq 2|x_i)] = -3.33733 + 0.140922X_3$$

Sebagai contoh, berdasarkan model logit Zonasi Resiko COVID-19 pada lokasi pengamatan pertama yaitu Kabupaten Bandung, dapat diinterpretasikan bahwa untuk setiap kenaikan persentase penduduk yang memiliki keluhan kesehatan selama sebulan terakhir di lokasi pengamatan pertama yaitu Kabupaten Bandung sebesar 1%, maka Kabupaten Bandung beresiko 1.15 kali ($e^{0.140922} = 1.15133 \approx 1.15$) menjadi zona resiko rendah daripada zona resiko sedang dan zona resiko tinggi.

Evaluasi Model GWOLR

Setelah memperoleh model logit Zonasi Resiko COVID-19, maka dapat dibentuk persamaan peluang masing-masing kategori Zonasi Resiko COVID-19 Kabupaten Bandung yaitu sebagai berikut:

1. Peluang Zonasi Resiko COVID-19 di Kabupaten Bandung kategori pertama (Zona Resiko Rendah)

$$\pi^*_1(x_i) = \frac{e^{-6.88193+0.140922X_3}}{1 + e^{-6.88193+0.140922X_3}}$$

2. Peluang Zonasi Resiko COVID-19 di Kabupaten Bandung kategori kedua (Zona Resiko Sedang)

$$\pi^*_2(x_i) = \frac{e^{-3.33733+0.140922X_3}}{1 + e^{-3.33733+0.140922X_3}} - \frac{e^{-6.88193+0.140922X_3}}{1 + e^{-6.88193+0.140922X_3}}$$

3. Peluang Zonasi Resiko COVID-19 di Kabupaten Bandung kategori ketiga (Zona Resiko Tinggi)

$$\pi^*_3(x_i) = 1 - \frac{e^{-3.33733+0.140922X_3}}{1 + e^{-3.33733+0.140922X_3}}$$

Berdasarkan persamaan peluang kategori Zonasi Resiko COVID-19 untuk lokasi pengamatan pertama, untuk Kabupaten Bandung yang memiliki nilai variabel prediktor $X_3 = 28,69$, memiliki peluang masuk ke dalam kategori pertama sebesar $\pi^*_1(x_i) = 0.05526$, untuk peluang masuk ke dalam kategori kedua sebesar $\pi^*_2(x_i) = 0.61419$ kemudian untuk peluang masuk ke dalam kategori ketiga yaitu sebesar $\pi^*_3(x_i) = 0.33055$. Berdasarkan nilai peluang setiap kategori, nilai peluang terbesar terdapat pada kategori kedua yaitu sebesar $\pi^*_2(x_i) = 0.61419$ sehingga prediksi zonasi resiko COVID-19 Kabupaten Bandung tergolong ke dalam kategori kedua atau zona resiko sedang.

Pemetaan Zonasi Resiko COVID-19 Berdasarkan Prediksi Kategori

Berdasarkan hasil perhitungan peluang masing-masing kategori pada setiap lokasi, diperoleh prediksi kategori Zonasi Resiko COVID-19. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dibuat suatu

pemetaan prediksi zonasi resiko COVID-19 setiap kota dan kabupaten di Provinsi Jawa Barat. Hasil prediksi zonasi resiko COVID-19 di Provinsi Jawa Barat yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Pemetaan kota/kabupaten berdasarkan prediksi kategori zonasi resiko COVID-19

Prediksi kategori	Kota/Kabupaten	Jumlah
Kategori I	Kabupaten Pangandaran	1
Kategori II	Kabupaten: Bandung, Bandung Barat, Bekasi, Bogor, Ciamis, Cianjur, Cirebon, Garut, Indramayu, Karawang, Kuningan, Majalengka, Pangandaran, Purwakarta, Subang, Sukabumi, Sumedang dan Tasikmalaya Kota: Bandung, Banjar, Bekasi, Bogor, Cimahi, Cirebon, Depok, Sukabumi dan Tasikmalaya	26

Berdasarkan Tabel 12 di atas dapat dilihat bahwa hasil prediksi zonasi resiko COVID-19 di Provinsi Jawa Barat bulan Desember tahun 2020 menggunakan model GWOLR menghasilkan dua kategori yaitu kategori I atau zona resiko rendah dan kategori II atau zona resiko sedang. Untuk lokasi pengamatan yang masuk ke dalam zona resiko rendah hanya Kabupaten Pangandaran dan untuk kota atau kabupaten yang lainnya masuk ke dalam zona resiko sedang.

Setelah memperoleh prediksi zonasi resiko COVID-19 berdasarkan peluang terbesar masing-masing kategorinya untuk setiap lokasi pengamatan, selanjutnya dapat dihitung nilai APER menggunakan tabel klasifikasi pada Tabel 13.

Tabel 13: Ketepatan klasifikasi zonasi resiko COVID-19

Observasi	Prediksi			Total
	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	
Kategori 1	1	6	0	7
Kategori 2	0	16	0	16
Kategori 3	0	4	0	4
		Total		27

Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai APER sebesar 37.04%, sehingga untuk menghitung nilai dari persentase ketepatan klasifikasi hasil prediksi zonasi resiko COVID-19 di Provinsi Jawa Barat pada Desember 2020 berdasarkan model GWOLR yaitu $1 - \text{APER} = 1 - 37.04 = 62.96$. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa nilai ketepatan klasifikasi model GWOLR adalah sebesar 62.96%.

KESIMPULAN

Pemodelan zonasi resiko COVID-19 setiap kota dan kabupaten di Provinsi Jawa Barat pada bulan Desember tahun 2020 menggunakan model GWOLR menghasilkan model yang berbeda-beda pada setiap lokasi pengamatan karena pada model ini estimasi parameter dilakukan pada setiap lokasi pengamatan. Faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon pada setiap lokasi pengamatan hanya terdapat satu yaitu persentase penduduk yang memiliki keluhan kesehatan selama sebulan terakhir (X_3). Dalam pemetaan prediksi zonasi resiko COVID-19 menggunakan model GWOLR, terdapat 17 kota dan kabupaten yang sesuai antara hasil prediksi dan observasi, sementara sepuluh kota dan kabupaten lain tidak sesuai, sehingga untuk pemetaan prediksi zonasi resiko COVID-19 menghasilkan ketepatan klasifikasi sebesar 62.96%. Hal ini menunjukkan bahwa model GWOLR cukup tepat digunakan pada pemetaan zonasi resiko COVID-19 setiap kota dan kabupaten di Provinsi Jawa Barat pada bulan Desember tahun 2020.

REKOMENDASI

Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan melakukan partisi menjadi lebih kecil seperti tingkat kecamatan, desa atau RT (Rukun Tetangga) agar data menjadi lebih terukur selain itu juga jumlah variabel prediktornya dapat ditambah menjadi lebih banyak agar lebih bervariasi sehingga faktor-faktor yang berpengaruh terhadap Zonasi Resiko COVID-19 dapat diketahui secara lebih spesifik. Pada penelitian model GWOLR ini, estimasi parameter dilakukan dengan metode WMLE dilanjutkan dengan iterasi numerik *Newton Raphson*, kemudian untuk pemilihan *bandwidth* optimum dipilih berdasarkan kriteria *Cross Validation* (CV) yang minimum. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan iterasi numerik lain seperti metode *Fisher Scoring*, metode *Secant* dan metode iterasi lainnya yang kemudian dapat ditentukan metode yang paling sesuai dengan membandingkan rata-rata jumlah kuadrat eror untuk masing-masing metode. Untuk pemilihan *bandwidth* optimum dapat dilakukan dengan pemilihan kriteria yang lain seperti *Bayesian Information Criterion* (BIC) dan *Akaike Information Criterion* (AIC) agar memperoleh *bandwidth* optimum yang paling sesuai sehingga menghasilkan model dengan nilai ketepatan prediksi yang tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan kelancaran serta masukan dan saran terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. (2002). *Categorical data analysis second edition*. New York: John Wiley & Sons, LTD.
- Atkinson, P. M., German, S. E., Sear, Clark, M. J., & Atkinson, P. M. (2003). *Exploring the relation between riverbank erosion and geomorphological controls using geographically weighted logistic regression*. Ohio: Ohio State University.
- Badan Pusat Statistik . (2021). *Jawa Barat dalam angka tahun 2020*. Bandung: Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Barat.
- Dinas Kesehatan. (2021). *Profil kesehatan Jawa Barat tahun 2020*. Bandung: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat.
- Fotheringham, A. S., Brunsdon, C., & Charton, M. (2002). *Geographically weighted regression*. West Sussex: John Wiley & Sons, LTD.
- Hardle, W., & Marron, J. S. (1991). Optimal bandwidth selection in nonparametrics regression function estimation. *The Annals of Statistics*, 13(4), 1466-1481.
- Hosmer, D. W., & Lemeshow, S. (2000). *Applied logistic regression second edition*. Massachussets: A Wiley Interscience Publication.
- Harisuddin, M. I. (2021). Kemampuan pemecahan masalah matematis dan kemandirian belajar siswa dengan pij dimasa covid-19. *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 6(1), 98-106.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied multivariate statistical analysis sixth edition*. New Jersey: Prentice Hall.

Kusuma, D. A. (2021). Dampak penerapan pembelajaran daring terhadap kemandirian belajar (self-regulated learning) mahasiswa pada mata kuliah geometri selama pembelajaran jarak jauh di masa pandemi covid-19. *Teorema:Teori dan Riset Matematika*, 5(2), 169-175.

Rifada, M., & Purhadi. (2011). Pemodelan tingkat kerawanan demam berdarah dengue di kabupaten lamongan dengan pendekatan geographically weighted ordinal logistic regression. *Prosiding Seminar Nasional Statistika*, 114-126. Semarang: Universitas Dipenogoro.

Sylfi., & Ratnasari, V. (2015). Estimasi parameter model geographically weighted (GWOLR). *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan*, 522-528. Solo: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

William. (2015). *Multicolinearity*. Australia: University of Notre Dame.

Zuhdi, S., & Saputro, D. R. (2017). R programming for parameters estimation of geographically weighted ordinal logistic regression. *AIP Conference Proceeding*, 1-5. Semarang: AIP Publishing.