

## PEMODELAN SPASIAL KASUS KEMATIAN AKIBAT COVID-19 DI PROVINSI JAWA TIMUR TAHUN 2020

### SPATIAL MODELING ON COVID-19 DEATH CASES OF EAST JAVA PROVINCE IN 2020

Herti Maryani\*<sup>1)</sup>, Lusi Kristiana<sup>2)</sup>, Nailul Izza<sup>3)</sup>, Dinda Galuh Guminta<sup>4)</sup>

<sup>1,3</sup>Badan Riset Inovasi Nasional Republik Indonesia, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

<sup>4</sup>Mahasiswa Magister, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

email: hertimaryani7@gmail.com

#### Abstrak

Provinsi Jawa Timur merupakan provinsi yang mempunyai jumlah kasus kematian yang tinggi dibanding dengan provinsi lain di Indonesia. Tujuan penelitian adalah melakukan pemodelan kematian akibat Covid-19 di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2020, menggunakan analisis Geographically Weighted Regression (GWR). Analisis GWR merupakan pengembangan dari regresi linier dengan parameter model yang berbeda di setiap pengamatan (wilayah). Data yang dianalisis adalah data sekunder dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur dan Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur. Jumlah kematian akibat covid-19 di Jawa Timur mencapai 84.152 jiwa sampai dengan bulan Desember 2020. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi kematian akibat Covid-19 di sebagian besar wilayah Provinsi Jawa Timur adalah jumlah dokter umum di Rumah Sakit dan jumlah pelayanan kesehatan penyakit Diabetes Melitus, sedangkan variable lainnya yang berpengaruh signifikan adalah pelayanan kesehatan penderita Hipertensi dan jumlah Rumah Sakit Umum. Analisis GWR menghasilkan pemodelan jumlah kematian akibat Covid-19 di Jawa Timur dengan koefisien determinasi yang lebih tinggi dibanding pemodelan secara global. Pemodelan secara geografis menghasilkan 5 kelompok kabupaten/kota, dengan variabel jumlah dokter umum di Rumah Sakit dan pelayanan kesehatan Diabetes Melitus yang cukup berpengaruh di sebagian besar kabupaten/kota di Jawa Timur.

**Kata kunci:** Covid-19, Jawa Timur, Geographically Weighted Regression

#### Abstract

East Java Province was a province that had a high number of deaths compared to other provinces in Indonesia. Using Geographically Weighted Regression (GWR) analysis, the study's goal was to predict the number of deaths caused by COVID-19 in the East Java Province in 2020. With various model parameters in each observation, GWR analysis was a progression of linear regression (region). Secondary data from the East Java Province's Statistics Agency and Health Agency were used in the analysis. As of December 2020, 84.152 individuals had perished in East Java as a result of COVID-19. The analysis's findings indicate that the number of public hospitals and the availability of healthcare for people with diabetes mellitus were the two health factors that had the greatest impact on Covid-19 deaths in the majority of East Java Province. Other factors that had a significant impact included the number of public hospitals and the availability of healthcare for people with hypertension. The analysis of the GWR model on the number of deaths due to Covid-19 in East Java resulted in a higher coefficient of determination than linear regression modeling. Geographical modeling resulted in 5 groups of districts/cities, with the variable number of general doctors in hospitals and diabetes mellitus health services being quite influential in most districts/cities in East Java.

**Keyword:** Covid-19, East Java Provinces, Geographically Weighted Regression

## 1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2020, masyarakat dunia menjadi saksi munculnya virus *corona* jenis baru yang menyebabkan penyakit *coronavirus disease* atau yang sekarang dikenal sebagai Covid-19. Virus ini pertama kali muncul di kota Wuhan, Provinsi Hubei, China, pada akhir 2019 dan dengan cepat menyebar dari hanya satu kota ke seluruh wilayah China hanya dalam 30 hari (Ariawan et al., 2021). Di Indonesia, munculnya kasus Covid-19 dikonfirmasi secara resmi oleh Presiden Indonesia pada tanggal 2 Maret 2020. Sejak saat itu, jumlah kasus terkonfirmasi dilaporkan secara luas setiap hari. Pada pertengahan Maret 2020, Presiden mengimbau seluruh lapisan masyarakat untuk menjaga jarak (Ariawan et al., 2021).

Kementerian Kesehatan Indonesia menyatakan bahwa Coronavirus merupakan keluarga besar virus yang menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan. Pada manusia biasanya menyebabkan penyakit infeksi saluran pernapasan, mulai flu biasa hingga penyakit yang serius seperti *Middle East Respiratory Syndrome* (MERS) dan *Sindrom Pernafasan Akut Berat/Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS). Coronavirus jenis baru yang ditemukan pada manusia sejak kejadian luar biasa muncul di Wuhan Cina, pada Desember 2019, kemudian diberi nama *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (SARS-COV2), dan menyebabkan penyakit Coronavirus Disease-2019 (Covid-19). Virus jenis baru tersebut bahkan menyebabkan status pandemi, yang berarti penyebaran virus terjadi dalam wilayah geografis yang luas hingga seluruh penjuru dunia, termasuk Indonesia. Persebaran virus ini dapat dikatakan sangat cepat hingga dalam kurun lima bulan kasus positif Covid-19 di Indonesia menembus 100.000 kasus. Hingga September 2020, kasus Covid-19 di Indonesia terus meningkat dan tak satu provinsi pun luput dari paparan pandemi ini (Fitrial & Fatikhurizqi, 2020).

Provinsi Jawa Timur merupakan provinsi yang mempunyai jumlah kasus kematian yang tinggi dibanding dengan provinsi lain di Indonesia. Jumlah kejadian meninggal akibat Covid-19 di Jawa timur

memiliki nilai yang bervariasi di setiap wilayah. Persebaran penyakit menular di suatu daerah dapat dipengaruhi oleh daerah lainnya. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya yaitu lingkungan. Lingkungan menampung segala interaksi yang ada khususnya interaksi antar manusia dan manusia lainnya. Hal ini dapat diketahui dengan adanya perbedaan jumlah kasus meninggal antar kabupaten/kota yang berdekatan yang tidak begitu jauh.

Penelitian yang pernah dilakukan terkait Covid-19 dengan pendekatan GWR adalah Pemodelan jumlah kasus Covid-19 di Jawa Barat dengan metode GWR dilakukan oleh Mahdy (2020) menunjukkan bahwa sebegini besar penyebaran virus dipengaruhi oleh faktor kemiskinan (Mahdy, 2020). Penelitian hubungan sosio-demografis dan Covid-19 menggunakan pendekatan regresi spasial oleh Sannigrahi (2020) menghasilkan faktor terpenting yaitu total populasi, kemiskinan, dan pendapatan. Total populasi, angka kematian kasar, penyakit jangka panjang juga ditemukan sebagai faktor utama dalam kasus Covid-19 oleh Sannigrahi (2020) menggunakan regresi spasial (Sannigrahi et al., 2020). Zhang (2021) melakukan penelitian yang mengatakan bahwa model dengan bobot geografis memberikan hasil yang lebih baik (Zhang et al., 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, maka diperlukan suatu model untuk mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap Covid-19. Penyebaran virus yang cepat dari suatu lokasi menuju lokasi lainnya mengindikasikan adanya efek spasial dalam pemodelan. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam analisis spasial adalah *Geographically Weighted Regression* (GWR). Metode ini adalah suatu teknik yang membawa kerangka dari model regresi sederhana menjadi model regresi terboboti (Fotheringham et al., 2002). Peneliti akan melakukan analisis GWR untuk memperoleh model kematian akibat Covid-19 di Jawa Timur. Penelitian ini melakukan analisis untuk mengetahui persamaan faktor yang mempengaruhi jumlah kasus meninggal antara kabupaten/kota yang satu dengan yang lainnya karena pengaruh spasial. Metode ini bertujuan untuk menganalisis kondisi permasalahan berdasarkan data

wilayah. *Geographically Weighted Regression* (GWR) merupakan salah satu analisis spasial yang menggunakan pembobotan berdasarkan lokasi pengamatan sehingga diperoleh model yang berbeda sejumlah lokasi yang diamati. Pada model regresi linier hanya dihasilkan estimator parameter yang berlaku secara global, sedangkan dalam model GWR dihasilkan estimator parameter model yang bersifat lokal untuk setiap lokasi pengamatan (Purhadi & Yasin, 2012).

## 2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian adalah deskriptif dengan analisis *Geographically Weighted Regression* (GWR). Variabel dependen (Y) adalah jumlah kematian akibat covid-19 di Jawa Timur yang bersumber dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur, sesuai pelaporan kabupaten/kota di aplikasi Covid-19 Provinsi Jatim. Data kematian yang

dianalisis sejak adanya kasus kematian akibat Covid-19 di Jatim sampai dengan 31 Desember 2020 pukul 13.00 WIB (Waktu Indonesia Barat).

Faktor yang dianalisis terkait kematian Covid-19 disini terbatas di bidang kesehatan, dimana terdapat 5 variabel yang diperoleh dari Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur 2019, Dinas Kesehatan Provinsi Jatim dan Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2021, Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jatim. Faktor yang diduga mempengaruhi pemodelan kematian akibat Covid-19 dari aspek kesehatan adalah pelayanan kesehatan lansia, pelayanan kesehatan penderita Hipertensi, pelayanan kesehatan penderita Diabetes Melitus (DM), jumlah dokter umum di Rumah Sakit, dan jumlah Rumah Sakit Umum (RSU) di kabupaten/kota Jawa Timur. Unit analisis penelitian adalah kabupaten/kota di Jawa Timur.

**Tabel 1.** Variabel yang Dianalisis

Simbol	Variabel	Definisi Operasional	Skala
Y	Meninggal	Jumlah kasus meninggal akibat covid-19 menurut kabupaten/kota di Jatim, 2020	Rasio
X <sub>1</sub>	Lansia	Cakupan pelayanan kesehatan usia lanjut menurut kabupaten/kota di Jatim, 2019	Rasio
X <sub>2</sub>	Hipertensi	Pelayanan kesehatan penderita Hipertensi (yang mendapat pelayanan) menurut kabupaten/kota di Jatim, 2019	Rasio
X <sub>3</sub>	DM	Pelayanan kesehatan penderita Diabetes Melitus (DM) yang mendapat pelayanan menurut kabupaten/ kota di Jatim, 2019	Rasio
X <sub>4</sub>	dr umum RS	Jumlah dokter umum di RS menurut kabupaen/kota di Jatim, 2019	Rasio
X <sub>5</sub>	RSU	Jumlah Rumah Sakit Umum menurut kabupaten/kota di Jatim, 2020	Rasio

Sumber: Dinas Kesehatan Provinsi Jatim, BPS

*Geographically Weighted Regression* (GWR) merupakan pengembangan dari regresi linier dengan parameter model yang berbeda di setiap pengamatan (wilayah). Salah satu teknik non-stasioner yang memodelkan hubungan yang bervariasi secara spasial (Lu et al., 2014). Diberikan persamaan regresi linier sebagai berikut.

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

Pemodelan variabel respon dan prediktor dalam GWR ini bergantung pada lokasi data pengamatan. Berikut adalah persamaan GWR (Fotheringham et al., 2002).

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

Keterangan:

- $y_i$  : Nilai observasi variabel respon pada lokasi pengamatan ke-i
- $x_{ik}$  : Nilai observasi variabel prediktor ke-k pada lokasi pengamatan ke-i
- $\beta_0(u_i, v_i)$  : Nilai konstanta (*intercept*) model GWR
- $\beta_k(u_i, v_i)$  : Koefisien regresi variabel prediktor ke-k lokasi pada lokasi pengamatan ke-i
- $(u_i, v_i)$  : Koordinat letak geografis dari lokasi pengamatan ke-i
- $\varepsilon_i$  : Error pengamatan ke-i

Persamaan (2) mengasumsikan secara implisit bahwa data yang diamati di dekat lokasi i memiliki pengaruh yang lebih besar dalam estimasi  $\beta_k(u_i, v_i)$  daripada data yang terletak lebih jauh dari lokasi i. Pada GWR suatu pengamatan diberi pembobotan sesuai dengan kedekatannya dengan lokasi i sehingga pembobotan suatu pengamatan tidak lagi konstan tetapi bervariasi. Data dari pengamatan yang dekat dengan i lebih berbobot daripada data dari pengamatan yang lebih jauh. Estimasi parameter model GWR pada persamaan (3) berikut ini diperoleh menggunakan *Weighted Least Square*.

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) y \quad (3)$$

$W(u_i, v_i)$  merupakan elemen matriks diagonal dari pembobotan geografis pada tiap data yang diamati untuk titik regresi i. Pembobotan W dihitung dengan fungsi *kernel* berdasarkan kedekatan antara titik regresi i dan n data di sekitarnya. *Gaussian* dan *bisquare* merupakan contoh fungsi *kernel* yang biasa digunakan untuk skema pembobotan.

1. Fungsi *Gaussian*

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

2. Fungsi *Bisquare*

$$w_{ij} = \begin{cases} \left[ 1 - (d_{ij}/b)^2 \right]^2, & d_{ij} < b \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (5)$$

Nilai pembobot pada GWR sangat penting karena mewakili letak data observasi satu dengan lainnya.

Keterangan:

- $d_{ij}$  : Jarak Euclidean antara titik pengamatan j dan titik regresi i
- $b$  : *Bandwidth kernel*

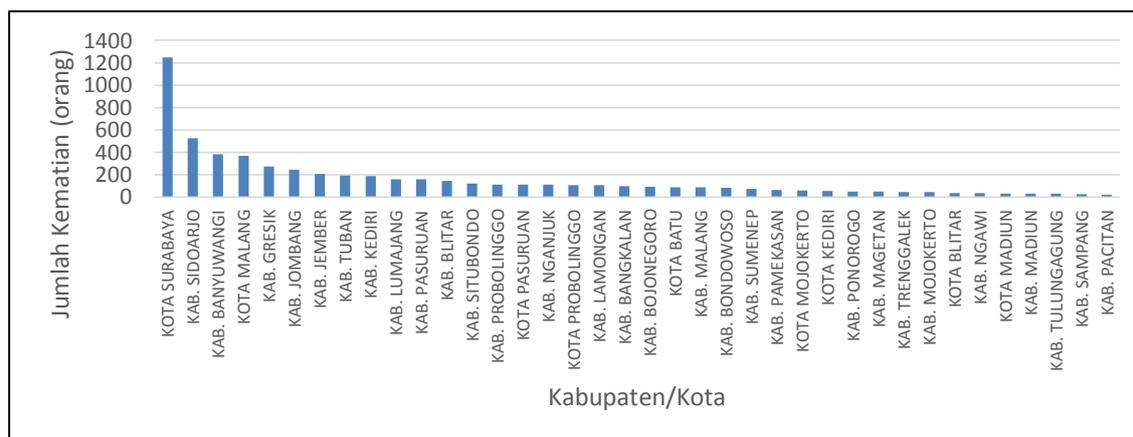
Prosedur yang dilakukan sebelum analisis GWR adalah analisis regresi linier berganda dengan asumsi yang berlaku. Selanjutnya dilakukan uji heterogenitas spasial menggunakan uji *Breush-Pagan* dan dependensi spasial menggunakan uji *Moran's I*. Adapun langkah-langkah analisis *Geographically Weighted Regression* (GWR) adalah :

- 1) Menghitung jarak *Euclidian* antar titik wilayah pengamatan
- 2) Menentukan *bandwidth* berdasarkan kriteria AIC minimum
- 3) Menghitung matriks pembobot tiap titik wilayah pengamatan dengan fungsi *kernel*
- 4) Menaksir parameter GWR menggunakan *bandwidth* optimum
- 5) Membandingkan  $R^2$  model regresi linier berganda dan GWR
- 6) Interpretasi model

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Deskripsi

Jumlah kematian akibat Covid-19 di Jatim mencapai 84.152 jiwa sampai dengan bulan Desember 2020. Kota Surabaya merupakan wilayah Jatim dengan kasus kematian tertinggi yaitu 18.164 jiwa, sedangkan kabupaten Madiun mempunyai jumlah kematian terendah yaitu 390 jiwa. Jumlah kematian akibat Covid-19 di Jawa Timur disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Jumlah Kematian Akibat Covid-19 di Kabupaten/Kota Jawa Timur

### Asumsi Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis hubungan antar variabel dilakukan untuk mengetahui hubungan linier antar variabel respon yaitu jumlah kasus meninggal akibat Covid-19 di Jatim dan variabel prediktor. Hasil analisis menunjukkan semua variabel prediktor yaitu cakupan pelayanan kesehatan lansia ( $X_1$ ), pelayanan kesehatan penderita Hipertensi ( $X_2$ ), pelayanan kesehatan penderita DM ( $X_3$ ), jumlah dokter umum di Rumah Sakit ( $X_4$ ), dan jumlah Rumah Sakit Umum ( $X_5$ ) menunjukkan korelasi positif. Hal ini menunjukkan hubungan positif yang berarti jika jumlah penderita hipertensi bertambah maka jumlah kematian akibat Covid-19 akan bertambah. Hal ini berlaku juga untuk variabel prediktor lainnya. Nilai korelasi untuk masing-masing variabel cukup tinggi terhadap jumlah kematian akibat Covid-19, yaitu 0,843 (pelayanan kesehatan DM), 0,919 (jumlah dokter umum RS), dan 0,852 (jumlah RSU).

Hasil analisis regresi linier berganda menunjukkan bahwa variabel pelayanan kesehatan hipertensi, pelayanan kesehatan diabetes melitus, jumlah dokter umum di RS, dan jumlah RSU berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian akibat Covid-19 sedangkan jumlah pelayanan kesehatan (yankes) lansia tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian akibat Covid-19 pada taraf signifikansi  $\alpha$  (0,1) sehingga variabel yankes lansia dikeluarkan dari model.

Multikolinieritas antar variabel prediktor tidak ada, hal ini telah dilakukan pengujian sebelum melakukan analisis regresi linier berganda untuk mendapatkan model yang lebih baik. Hal ini ditunjukkan dengan nilai VIF tidak lebih dari 10. Tabel 2 menunjukkan nilai korelasi dan nilai VIF dari variabel prediktor.

**Tabel 2.** Nilai Korelasi dan VIF

Variabel prediktor	Nilai korelasi terhadap var respon	VIF
Lansia (Lanjut Usia)	0,474	1,883
Hipertensi	0,655	1,782
DM (Diabetes Melitus)	0,843	6,012
dokter umum RS	0,919	3,672
RSU(Rumah Sakit Umum)	0.852	9,367

### Pengujian Parameter

Pengujian estimasi parameter bertujuan memeriksa pengaruh signifikansi taksiran parameter terhadap model. Pengujian serentak dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor secara simultan terhadap variabel respon. Diperoleh statistik uji F yaitu 94,7 dan  $p\text{-value} = 0$  sehingga dapat disimpulkan bahwa minimal terdapat satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus meninggal akibat Covid-19 di Jatim pada taraf signifikansi  $\alpha$  (0,1).

Uji parameter secara parsial dilakukan untuk mengetahui signifikansi setiap parameter terhadap variabel respon. Hasil analisis sejalan dengan penelitian (Du et al., 2021; Mansour et al., 2021; Mohammadi et al., 2021; Rodriguez-Villamizar et al., 2021) mengenai Covid-19 menunjukkan bahwa diabetes dan hipertensi secara signifikan berpengaruh terhadap tingkat kejadian dan kematian akibat Covid-19. Pengujian parameter secara parsial menunjukkan bahwa variabel hipertensi dan diabetes melitus memberikan hasil yang signifikan. Hal itu dapat dilihat melalui nilai  $|T_{hit}| > T_{0,1;33}$  (1,692) dengan tingkat signifikansi  $\alpha$

(0,1). Studi tentang tingkat kematian Covid-19 dengan fasilitas kesehatan menunjukkan adanya hubungan antara sumber daya rumah sakit, personel, dan kapasitas tempat tidur dengan kematian akibat Covid-19 (Sen-Crowe et al., 2021). Dengan menggunakan taraf signifikansi  $\alpha$  (0,1), diperoleh hasil yang signifikan pada variabel jumlah dr umum RS, dan jumlah RSUD sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah dr umum RS dan jumlah RSUD secara parsial berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus meninggal akibat Covid-19 di Jatim.

**Tabel 3.** Uji Efek Spasial Asumsi Heterogenitas dan Dependensi

Uji	Nilai	P-Value
<i>Breusch-Pagan</i>	5,8131	0,2135
<i>Morans' I</i>	-2,176	0,02955

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian efek spasial yang dilakukan sebelum analisis *GWR*. Hasil pengujian dengan *Breusch-Pagan* memberikan p-value sebesar 0,2135, dengan taraf signifikansi  $\alpha$  (0,1) menunjukkan bahwa tidak terjadi heterogenitas spasial. Hasil pengujian dengan *Morans' I* menghasilkan p-value sebesar 0,0295 yang menandakan adanya dependensi spasial dalam data. Hasil ini dapat disimpulkan bahwa jumlah kasus meninggal akibat Covid-19 di Jatim memiliki pengaruh spasial, sehingga diperlukan pemodelan regresi berbasis area.

#### **Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR)**

Pemilihan pembobot optimum perlu dilakukan dalam membuat pemodelan *GWR*, agar diperoleh model terbaik. Pemilihan *bandwidth* pada pembobot dilihat berdasarkan *AIC* terkecil. Terdapat dua fungsi *kernel* yang akan dibandingkan, yaitu *Gaussian* dan *Bisquare*. Setiap fungsi kernel 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 di setiap lokasi pengamatan.

**Tabel 4.** Pemilihan Pembobot untuk pemodelan *GWR*

Pembobot	<i>Bandwidth</i>	<i>AICc</i>	<i>AIC</i>	$R^2$
Adaptive bisquare	0,99996	431,4616	417,4366	0,9351
Bisquare	1,7905	427,8281	408,5071	0,9514
Adaptive gaussian	0,9737	432,2130	421,4549	0,9250
Gaussian	0,8688	429,4996	412,9083	0,9440

Tabel 4 menunjukkan bahwa *AIC* terkecil diperoleh pada pembobot *bisquare* sehingga pemodelan *GWR* selanjutnya menggunakan pembobotan *bisquare*. Diperoleh koefisien determinasi sebesar 0,9514 yang mengartikan bahwa model yang

terbentuk dapat menjelaskan jumlah kasus meninggal sebesar 95,14% dan sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak masuk dalam model.

Dengan menggunakan kriteria *AIC*, diperoleh bahwa pembobot *bisquare*

merupakan pembobot optimum dengan bandwidth yaitu 1,7905. Pada pengujian kesesuaian model GWR didapatkan F-value yang signifikan yang mengartikan bahwa terdapat perbedaan antara model GWR dengan model regresi linier berganda dengan  $\alpha$  (0,1).

**Uji Kesesuaian Model GWR**

Pemodelan jumlah kasus kematian akibat Covid-19 di Jatim menggunakan GWR diharapkan memperoleh hasil yang lebih baik dari pemodelan menggunakan regresi linier berganda.

**Tabel 5.** Uji Kesesuaian Model GWR

Source	DF	SS	MS	F-Value
Residuals	5	134736		
Improvement	6,0154	52982	8807,7	
Residuals	26,9846	81754	3029,6	2,9072

Dengan menggunakan hipotesis awal  $H_0$  yaitu tidak ada perbedaan signifikan antara model regresi linier berganda dengan model GWR, Tabel 5 menghasilkan  $F_{value}$  sebesar 2,9072, apabila dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  (2,0138) diperoleh keputusan tolak  $H_0$  karena  $F_{value} > F_{tabel}$ . Hal ini dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara model GWR dan model regresi linier pada taraf signifikansi  $\alpha$  (0,1).

mengetahui parameter yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus meninggal di kabupaten/kota di Jawa Timur tahun 2020. Dengan menggunakan hipotesis awal  $H_0$  yaitu variabel prediktor tidak berpengaruh terhadap respon dan syarat penolakan  $H_0$  yaitu  $|t_{hitung}| > t_{0.1/2,26.9846}$  (1,7056), diperoleh variabel prediktor yang berpengaruh terhadap respon di setiap wilayah kabupaten/kota di Jatim yang disajikan pada Gambar 1.

**Uji Signifikansi Parameter Model GWR**

Pengujian signifikansi parameter model GWR secara parsial dilakukan untuk



**Gambar 2.** Pemetaan Pengaruh Variabel Predictor terhadap Kematian Covid-19 di Kabupaten/Kota Jawa Timur

Gambar 2 menjelaskan pemetaan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian akibat Covid-19 di Jatim dengan GWR.

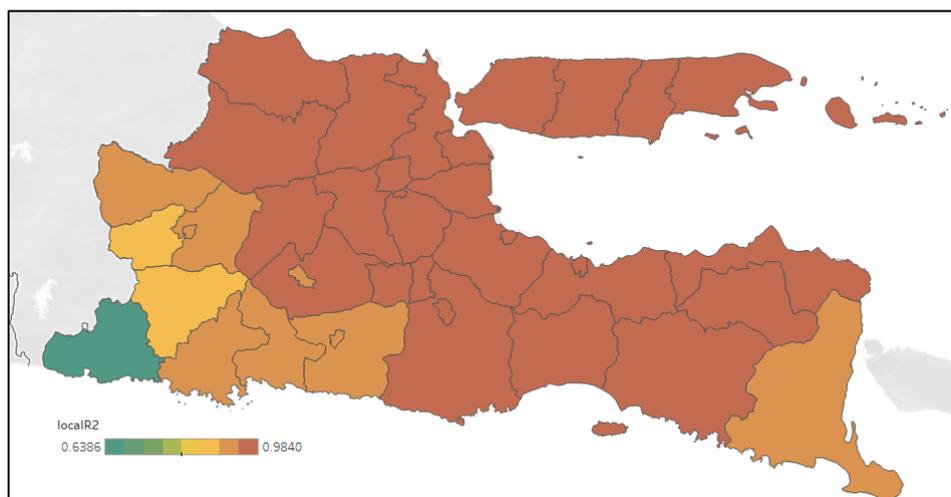
Pengujian signifikansi parameter model GWR di setiap titik pengamatan menunjukkan bahwa jumlah penderita diabetes melitus dan jumlah dokter umum di RS berpengaruh signifikan terhadap jumlah kematian akibat Covid-19 di wilayah

kabupaten/kota di sebelah barat Provinsi Jawa Timur seperti Tuban, Bojonegoro, Trenggalek, dan lain-lain. Hal ini ditunjukkan dengan warna biru tua pada Gambar 2. Variabel prediktor yang mempengaruhi jumlah kematian akibat Covid-19 di wilayah kabupaten/kota Surabaya, Sidoarjo, Gresik, Lamongan, Mojokerto dan lain-lain adalah jumlah penderita diabetes melitus, jumlah dokter umum RS, dan jumlah RSU yang ditandai dengan warna pada Gambar 2. Kabupaten/kota Jember, Lumajang, Bondowoso dan Situbondo yang ditandai dengan warna biru muda pada Gambar 2 dipengaruhi oleh jumlah penderita

hipertensi, jumlah penderita diabetes melitus dan jumlah dokter umum RS. Sementara itu, kematian akibat Covid-19 di Sumenep dipengaruhi oleh jumlah dokter umum di RS dan di Banyuwangi oleh jumlah RSU.

Kabupaten/kota yang berwarna biru tua terletak di bagian barat provinsi Jatim sedangkan kabupaten/kota dengan warna biru mengelompok pada bagian timur dari provinsi Jatim, dan kabupaten/kota dengan warna hijau mengelompok pada bagian tengah. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah kasus kematian Covid-19 di Jatim memiliki fakta geografis.

### Kebaikan (*goodness-of-fit*) Model GWR



**Gambar 3.** Kebaikan Model GWR di Setiap Wilayah Kabupaten/Kota di Jatim

Salah satu kriteria untuk melihat kebaikan model GWR adalah dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang merupakan proporsi variailitas dalam variabel respon yang diperhitungkan oleh variabel prediktor di dalam model. Nilai  $R^2$  yang berkisar antara nol hingga satu menunjukkan seberapa baik model regresi setiap wilayah cocok dengan variabel respon. Semakin besar nilai  $R^2$  maka model yang dihasilkan semakin baik. Gambar 3 menampilkan perolehan nilai  $R^2$  di setiap wilayah kabupaten/kota di Jawa Timur. Pemetaan  $R^2$  digunakan untuk melihat pada lokasi mana GWR dapat memprediksi dengan baik dan pada lokasi mana GWR memprediksi dengan buruk.

Gambar 3 menunjukkan bahwa model GWR yang dihasilkan di tiap kabupaten/kota di Jawa Timur memiliki  $R^2$  atau kebaikan model yang beragam yang berkisar antara 63% hingga 98%. Wilayah tengah Provinsi Jawa Timur memiliki  $R^2$  yang tinggi yaitu sekitar 95% ditandai dengan warna coklat, sedangkan wilayah lainnya memiliki  $R^2$  yang lebih rendah sekitar 90% berwarna coklat muda, sedangkan kab/kota dengan  $R^2$  sekitar 87%-89% berwarna kuning. Kabupaten/kota dengan nilai  $R^2$  terendah yaitu sekitar 60% ditunjukkan oleh warna hijau.

### Pemilihan Model Terbaik

Pada analisis regresi linier, digunakan ukuran kebaikan model yang menjelaskan proposi variabilitas variabel respon yang menggunakan nilai *R-sq* yang disajikan pada Tabel 7. Nilai *R-sq* sebesar 95,14% menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan keragaman data sebesar 95,14% sedangkan sisanya sebesar 4,86 % dijelaskan oleh variabel lain yang tidak diamati dalam penelitian. Disamping itu, GWR mampu menurunkan nilai *Sum of Squared Error* (SSE) pada model yang dihasilkan.

**Tabel 6.** Kebaikan Model Regresi

	<i>R-sq</i>	<i>SSE</i>	<i>AIC</i>
<b>Regresi OLS</b>	91,02%	134736	430,4318
<b>GWR</b>	95,14%	94234,4	408,5071

Perbandingan kebaikan model antara regresi linier berganda dan GWR dapat dilihat dari nilai *R-sq* dan *SSE*. Model GWR memberikan kebaikan model (*R-sq*) yang lebih tinggi dan *SSE* yang lebih kecil dari model regresi linier yaitu 95,14%. Nilai ini mempunyai makna bahwa model mampu menjelaskan variabilitas dalam data sebesar 95,14% sedangkan 4,86% sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak masuk ke dalam model.

### Keterbatasan

Hasil analisis penelitian mempunyai keterbatasan yaitu adanya koefisien parameter dalam model yang berkebalikan dengan teori. Seharusnya penambahan jumlah RS akan menurunkan kematian akibat Covid-19, tetapi model GWR menunjukkan bahwa penambahan jumlah RS, akan meningkatkan jumlah kematian. Hal ini dapat disebabkan oleh penggunaan data sekunder dan pemilihan variabel yang terkait kesehatan sangat terbatas, dimana jika dilakukan pemodelan secara simultan dengan variabel prediktor lain dapat menyebabkan tanda koefisien parameter berubah.

### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis GWR menghasilkan pemodelan jumlah kematian akibat Covid-19 di Jawa Timur dengan koefisien determinasi yang lebih tinggi dibanding pemodelan dengan analisis regresi linier. Analisis GWR menghasilkan model yang lebih baik dengan kemampuan variabel prediktor dalam mempengaruhi variabel respon mencapai 95%, sedangkan 5% lainnya dijelaskan variabel lain yang tidak masuk dalam penelitian. Hasil pemodelan secara geografis menghasilkan 5 kelompok kabupaten/kota, dengan variabel jumlah dokter umum di Rumah Sakit dan pelayanan kesehatan Diabetes Melitus yang cukup berpengaruh di sebagian besar kabupaten/kota di Jawa Timur terhadap jumlah kematian akibat Covid-19.

Berdasarkan hasil analisis, kesimpulan, dan keterbatasan, maka disarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan penambahan jumlah variabel dan validasi data agar mendapatkan hasil yang lebih baik serta memperoleh model yang sesuai dengan kondisi sebenarnya.

### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kepala Puslitbang Humaniora dan Manajemen Kesehatan yang telah memfasilitasi permintaan data. Kepala Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur yang telah mengizinkan datanya untuk dilakukan analisis. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur yang memberikan dukungan menyediakan publikasi data. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan semangat sehingga artikel bisa dipublikasi.

### 6. DAFTAR PUSTAKA

Ariawan, I., Riono, P., Farid, M. N., Jusril, H., Wahyuningsih, W., Ali, P. B., & Solikha, D. A. (2021). *Proyeksi COVID-19 di Indonesia*. Direktorat Kesehatan dan Gizi Masyarakat, Kedeputusan Pembangunan Manusia, Masyarakat dan Kebudayaan, Kementerian PPN/Bappenas.

- Du, Y., Zhou, N., Zha, W., & Lv, Y. (2021). Hypertension is a Clinically Important Risk Factor for Critical Illness and Mortality in COVID-19: A Meta-analysis. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 31(3), 745–755. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2020.12.009>
- Fitrial, N. H., & Fatikhurriqzi, A. (2020). Pemodelan Jumlah Kasus Covid-19 Di Indonesia Dengan Pendekatan Regresi Poisson Dan Regresi Binomial Negatif. *Prosiding Seminar Nasional Official Statistics 2020 "Statistics in the New Normal: A Challenge of Big Data and Official Statistics,"* 2020(1), 65–72. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2020i1.465>
- Fotheringham, A. S., Brunson, C., & Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*. John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1353/geo.2003.0008>
- Lu, B., Charlton, M., Harris, P., & Fotheringham, A. S. (2014). Geographically Weighted Regression with A Non-Euclidean Distance Metric: A Case Study Using Hedonic House Price Data. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(4), 660–681. <https://doi.org/10.1080/13658816.2013.865739>
- Mahdy, I. F. (2020). Pemodelan Jumlah Kasus Covid-19 Di Jawa Barat Menggunakan Geographically Weighted Regression. *Prosiding Seminar Nasional Official Statistics 2020 "Statistics in the New Normal: A Challenge of Big Data and Official Statistics,"* 2020(1), 138–145. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2020i1.642>
- Mansour, S., Al Kindi, A., Al-Said, A., Al-Said, A., & Atkinson, P. (2021). Sociodemographic Determinants of COVID-19 Incidence Rates in Oman: Geospatial Modelling Using Multiscale Geographically Weighted Regression (MGWR). *Sustainable Cities and Society*, 65(January), 102418. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102418>
- Mohammadi, F., Pourzamani, H., Karimi, H., Mohammadi, M., Mohammadi, M., Ardalan, N., Khoshravesh, R., Pooresmaeil, H., Shahabi, S., Sabahi, M., Sadat miryonesi, F., Najafi, M., Yavari, Z., Mohammadi, F., Teiri, H., & Jannati, M. (2021). Artificial Neural Network and Logistic Regression Modelling to Characterize COVID-19 Infected Patients in Local Areas of Iran. *Biomedical Journal*, 44(3), 304–316. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2021.02.006>
- Purhadi, & Yasin, H. (2012). Mixed Geographically Weighted Regression Model (Case Study: The Percentage of Poor Households in Mojokerto 2008). *European Journal of Scientific Research*, 69(2), 188–196.
- Rodriguez-Villamizar, L. A., Belalcázar-Ceron, L. C., Fernández-Niño, J. A., Marín-Pineda, D. M., Rojas-Sánchez, O. A., Acuña-Merchán, L. A., Ramírez-García, N., Mangones-Matos, S. C., Vargas-González, J. M., Herrera-Torres, J., Agudelo-Castañeda, D. M., Piñeros Jiménez, J. G., Rojas-Roa, N. Y., & Herrera-Galindo, V. M. (2021). Air Pollution, Sociodemographic and Health Conditions Effects on COVID-19 Mortality in Colombia: An Ecological Study. *Science of the Total Environment*, 756(February), 5–7. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144020>
- Sannigrahi, S., Pilla, F., Basu, B., Basu, A. S., & Molter, A. (2020). Examining the Association Between Sociodemographic Composition and COVID-19 Fatalities in the European Region Using Spatial Regression Approach. *Sustainable Cities and Society*, 62(May), 102418. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102418>

Sen-Crowe, B., Sutherland, M., McKenney, M., & Elkbuli, A. (2021). A Closer Look Into Global Hospital Beds Capacity and Resource Shortages During the COVID-19 Pandemic. *Journal of Surgical Research*, 260(20), 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.11.062>

Zhang, H., Liu, Y., Chen, F., Mi, B., Zeng, L., & Pei, L. (2021). The Effect of Sociodemographic Factors on COVID-19 Incidence of 342 Cities in China: A Geographically Weighted Regression Model Analysis. *BMC Infectious Diseases*, 21(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12879-021-06128-1>