

# PEMODELAN DISTRIBUSI SPASIAL KASUS POSITIF COVID-19 MENGUNAKAN ALGORITMA GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)

Studi Kasus Provinsi DKI Jakarta

*(Modeling Spatially Distribution of COVID-19 using Geographically Weighted Regression  
(GWR) Case Study DKI Jakarta Province)*

**Abdullah Ali<sup>1,2</sup>, Iddam Hairuly Umam<sup>2</sup>, Masita Dwi Mandini Mannesa<sup>1</sup>, Umi Sa'adah<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Ilmu Geografi, Universitas Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Meteorologi Publik, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

<sup>3</sup>Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika  
Gedung H Kampus UI Depok, Jawa Barat, Indonesia 16424

E-mail: [abdullah.ali@bmk.go.id](mailto:abdullah.ali@bmk.go.id)

*Diterima: 29 November 2021; Direvisi (Revised): 22 Desember 2021; Disetujui untuk Dipublikasikan: 29 Maret 2022*

## ABSTRAK

Wabah novel corona virus 2019 (Covid-19) yang pertama kali ditemukan di Wuhan, China menjadi sebuah pandemi global yang berdampak sangat signifikan terhadap seluruh aspek kehidupan. Kasus positif Covid-19 di Indonesia pertama kali terkonfirmasi pada tanggal 2 Maret 2020 di Provinsi DKI Jakarta yang kemudian ditetapkan sebagai episentrum transmisi Covid-19 di Indonesia. Berbagai penelitian dilakukan untuk melakukan upaya mitigasi, mengetahui dampak dan penyebab, hingga investigasi berberapa faktor yang sangat terkait dengan transmisi Covid-19. Distribusi kasus positif Covid-19 sangat terkait dengan lokasi, sehingga salah satu algoritma yang tepat untuk melakukan investigasi adalah model *Geographically Weighted Regression (GWR)*. Model GWR merupakan pengembangan dari model regresi global dimana nilai bobot variabel prediktor dihitung pada setiap lokasi pengamatan. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan distribusi spasial kasus positif Covid-19 menggunakan model GWR dengan fungsi Kernel Adaptif Bisquare. Variabel prediktor yang ditentukan melalui studi literatur adalah tingkat kepadatan penduduk, jumlah fasilitas kesehatan, dan kelompok usia rentan. Pemilihan rentang kelompok usia rentan dilakukan menggunakan algoritma Lasso-Cross Validation (Lasso-CV). Hasil model GWR menunjukkan koefisien determinasi sebesar 0,908 yang artinya 90,8% kasus positif Covid-19 di DKI Jakarta dipengaruhi oleh variabel yang digunakan, sedangkan 9,2% kasus positif Covid-19 dipengaruhi oleh faktor lain di luar penelitian. Wilayah dengan koefisien determinasi tertinggi terdapat pada wilayah Jakarta Utara bagian barat, Jakarta Barat bagian utara, dan Jakarta Timur, sedangkan nilai koefisien determinasi terendah terdapat pada wilayah Jakarta Pusat.

**Kata kunci:** Covid-19, distribusi spasial, Fungsi Kernel Adaptif Bisquare, GWR

## ABSTRACT

*The novel coronavirus 2019 (Covid-19) outbreak, which was first discovered in Wuhan, China, has become a global pandemic that has a very significant impact on all aspects of life. DKI Jakarta Province has become the epicenter of Covid-19 transmission in Indonesia. Various studies were done to carry out mitigation efforts, find out the impacts and causes, and investigate several factors closely related to the transmission of Covid-19. The distribution of positive cases of Covid-19 is closely related to location, so one of the appropriate algorithms for conducting investigations is the Geographically Weighted Regression (GWR). The GWR model is a development of the global regression model where the weight values of the predictor variables are calculated at each observation location. This study aims to model the spatial distribution of Covid-19 positive cases using the GWR model with an adaptive kernel bisquare function. The predictor variables determined through the literature study are population density, number of health facilities, and vulnerable age groups. The range of vulnerable age groups was selected by using the Lasso-Cross Validation (Lasso-CV) algorithm. The results of the GWR model show a coefficient of determination of 0.908, which means that 90.8% of positive cases of Covid-19 in DKI Jakarta are influenced by the variables used, while other factors outside the study influence 9.2% of positive cases of Covid-19. The areas with the highest coefficient of determination are found in West North Jakarta, North West Jakarta, and East Jakarta, while the lowest coefficient of determination is in the Central Jakarta area.*

**Keywords:** Covid-19, spatial distribution, Bisquare Adaptive Kernel Function, GWR

**PENDAHULUAN**

World Health Organization (WHO) telah menetapkan Covid-19 sebagai *Public Health Emergency of International Concern* (PHEIC) atau Kedaruratan Kesehatan Masyarakat yang Meresahkan Dunia (KKMMD). Pada tanggal 11 Maret 2020, WHO menetapkan Covid-19 sebagai pandemik global (Ali et al., 2021). Menurut laporan WHO, virus Covid-19 pertama kali ditemukan di Wuhan, China (Moghadas et al., 2020; Sha et al., 2020; Yang et al., 2020). Wabah Covid-19 telah mengubah seluruh aspek kehidupan masyarakat, mulai dari mobilitas, kondisi lingkungan, sosial, hingga menyebabkan krisis ekonomi hampir di seluruh negara (Ahmar & Boj, 2020; Bashir et al., 2020; Bilal et al., 2020).

Seluruh negara berupaya keras untuk mengambil tindakan darurat, seperti melakukan pembatasan pergerakan masyarakat, menutup sekolah, serta menerapkan protokol kesehatan, dan adaptasi kebiasaan baru pada seluruh aspek. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir adanya korban jiwa adalah dengan mengelompokkan unsur yang berkaitan erat dengan Covid-19, baik unsur yang berupa dampak maupun unsur yang berupa penyebab.

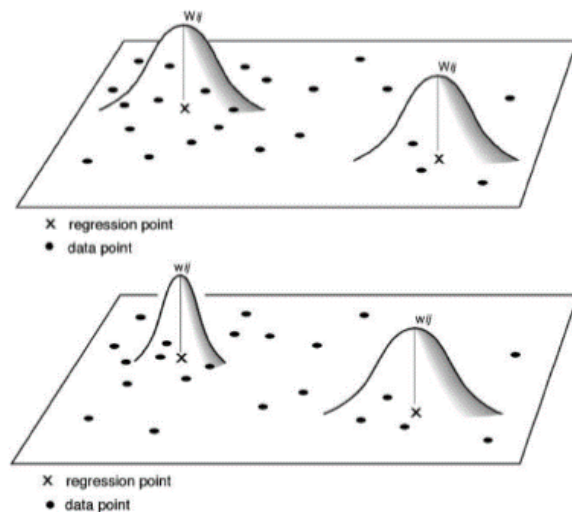
Distribusi kasus Covid-19 sangat terkait dengan keruangan, sehingga Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat mengintegrasikan berbagai basis data berdasarkan georeferensi (Silalahi et al., 2020; Wu & Zhang, 2021). Penelitian mengenai pemodelan hubungan karakteristik distribusi spasial kasus Covid-19 dengan aspek lain banyak dilakukan menggunakan SIG, antara lain pengaruh Covid-19 dengan kondisi sosial-ekonomi (Smith & Mennis, 2020; Yang et al., 2020), prediksi kasus positif Covid-19 di Amerika Serikat menggunakan metode SutteARIMA oleh Ahmar & Boj, (2020), dan analisis spasial non-linier tingkat kematian akibat Covid-19 di Amerika Serikat oleh (Luo et al., 2021).

Penelitian berbasis SIG yang dilakukan di Provinsi DKI Jakarta yang merupakan episenter transmisi Covid-19 di Indonesia masih belum banyak dilakukan. Hingga saat ini, transmisi Covid-19 dari manusia ke manusia masih menjadi sumber transmisi. Hal ini tentu akan berdampak pada wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi. Tingkat kepadatan penduduk yang tinggi akan menimbulkan tingginya frekuensi interaksi antar-individu, dan memperbesar peluang transmisi virus. Unsur meteorologi juga tidak berpengaruh signifikan terhadap transmisi Covid-19 di DKI Jakarta (Ali et al., 2021).

Sejarah mencatat bahwa kasus positif dan kematian tinggi pada wabah Flu Spanyol pada tahun 1918 terjadi pada negara dengan kepadatan penduduk yang tinggi (Alirol et al., 2011). Hasil penelitian Edriani et al., (2021) menunjukkan adanya hubungan antara kepadatan penduduk dengan kasus Covid-19 di Provinsi DKI Jakarta menggunakan analisis regresi *robust* dengan koefisien determinasi (*R square*) sebesar 50,8%

pada kasus positif dan 49,2% pada kasus negatif Covid-19. Penelitian yang dilakukan Edriani et al. (2021) masih dapat dikembangkan dengan memasukkan unsur spasial. Kualitas dan kuantitas fasilitas kesehatan juga menjadi faktor penting dalam penanganan wabah Covid-19 (Qomariah et al., 2020). Hasil penelitian Esteve et al., (2020) mengenai kelompok usia rentan terhadap Covid-19 di seluruh dunia menyebutkan bahwa tingkat kematian tertinggi terjadi pada pasien dengan kelompok usia 65 tahun ke atas, sedangkan kelompok anak-anak masih dalam perdebatan. Salah satu pendekatan spasial dalam pemodelan regresi adalah *Geographically Weighter Regression* (GWR). Model GWR pertama kali diperkenalkan oleh Fortheringham pada tahun 1967 (Fotheringham et al., 2002).

Model GWR merupakan pengembangan dari model regresi global dimana variabel independen dihitung pada setiap lokasi pengamatan, sehingga lokasi pengamatan memiliki nilai regresi yang berbeda-beda. Hal ini berdasarkan konsep analisis spasial dimana nilai suatu parameter di suatu lokasi akan lebih dipengaruhi oleh titik-titik yang berdekatan dibandingkan dengan titik-titik yang lebih jauh (Leung et al., 2000). Terdapat dua jenis fungsi kernel dalam model GWR, yaitu fungsi kernel tetap atau *fixed kernel* dan fungsi kernel adaptif atau *adaptive kernel* (Wheeler & Páez, 2010).



Sumber: (Oshan et al., 2019)

**Gambar 1.** Ilustrasi *bandwidth* pada fungsi kernel tetap dan adaptif.

Fungsi kernel tetap memiliki *bandwidth* yang sama pada setiap titik lokasi pengamatan, sedangkan fungsi kernel adaptif memiliki *bandwidth* yang berbeda pada setiap titik pengamatan. *Bandwidth* merupakan pengontrol keseimbangan antara kemulusan dan kesesuaian fungsi terhadap data. Jika nilai *bandwidth* sangat kecil, maka fungsi estimasi yang diperoleh akan sangat kasar dan menuju ke data, sebaliknya saat *bandwidth* sangat besar, estimasi fungsi akan sangat mulus dan menuju rata-rata variabel dependen. Ilustrasi *bandwidth* pada fungsi kernel tetap dan adaptif

terdapat pada **Gambar 1**. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan investigasi variasi spasial kelompok usia rentan, kepadatan penduduk, dan jumlah fasilitas kesehatan menggunakan model GWR.

**METODE**

Lokus pada penelitian ini adalah seluruh kelurahan pada Provinsi DKI Jakarta (**Gambar 2**). Data distribusi kasus positif Covid-19 diambil melalui *website* Satgas Covid-19 DKI Jakarta (<https://corona.jakarta.go.id>). Data kepadatan penduduk, kelompok usia rentan, dan jumlah fasilitas kesehatan diambil melalui *website open data* Jakarta (<https://data.jakarta.go.id/>). Kelompok umur yang akan digunakan dalam model GWR ditentukan menggunakan metode *Lasso Cross-Validation* (Lasso-CV).

Secara umum, model GWR dapat diformulasikan sebagai berikut.

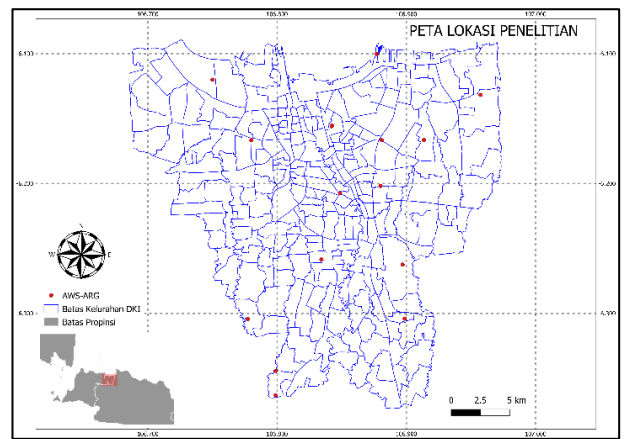
$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{i,j}(u_i, v_i) + \varepsilon_i \dots\dots (1)$$

dimana:

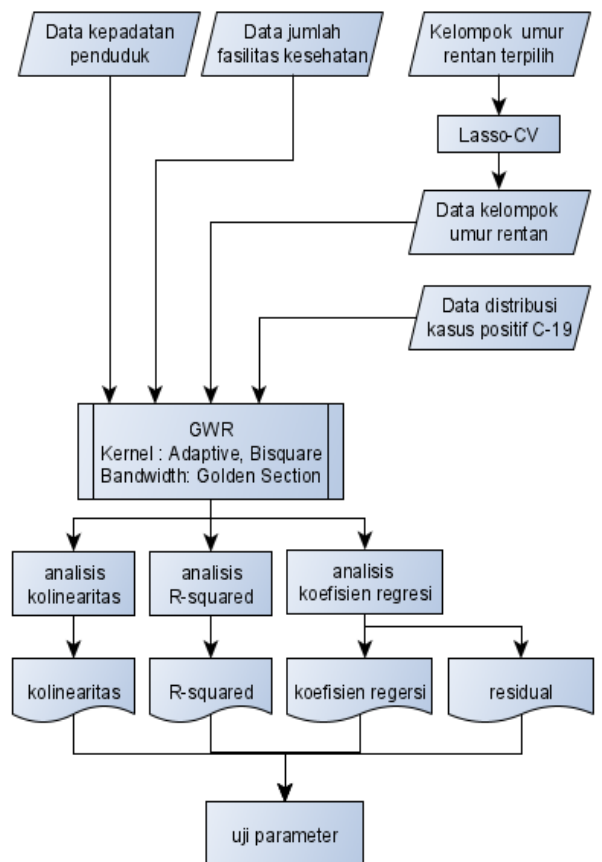
- $y_i$  = nilai observasi variabel dependen ke-i
- $x_{ij}$  = nilai observasi pengamatan ke-i variabel independen ke-j,  $j=1, 2, \dots, p$
- $(u_i, v_i)$  = titik koordinat lokasi ke-i (lintang, bujur)
- $\beta_0(u_i, v_i)$  = nilai intersep model GWR
- $\beta_j(u_i, v_i)$  = koefisien regresi untuk setiap  $(u_i, v_i)$
- $\varepsilon_i$  = error ke-i yang diasumsikan identik, independen dan berdistribusi normal dengan nilai rata-rata nol dan keragaman konstan.

Fungsi kernel yang digunakan adalah fungsi kernel adaptif Bisquare. Penentuan *bandwidth* menggunakan metode *Golden Section*, dimana pencarian nilai *bandwidth* dilakukan berdasarkan *Cross-Validation* (CV) yang melakukan kuantifikasi efisiensi model (Silva, 2018). Proses *data cleaning*, pemodelan GWR, dan visualisasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *python*. *Library* yang digunakan untuk pengelolaan data input adalah *pandas* (McKinney, 2011), pemodelan GWR dengan *pySAL* (Oshan et al., 2019), sedangkan visualisasi menggunakan *geopandas*.

Alur kerja pada penelitian ini tergambar dalam skema pada **Gambar 3**. Analisis multikolinearitas dilakukan dengan menggunakan nilai *Variation Inflation Factor* (VIF) untuk kelompok usia rentan, dan nilai Pearson Correlation untuk variabel jumlah fasilitas kesehatan, kepadatan penduduk, dan jumlah fasilitas kesehatan. Uji parameter dilakukan dengan menguji parameter dari koefisien parameter secara parsial. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui parameter apa saja yang secara signifikan mempengaruhi distribusi Covid-19. Uji parameter dilakukan dengan melihat p-value masing-masing variabel independen.



**Gambar 2.** Lokasi penelitian.



**Gambar 3.** Diagram alir penelitian.

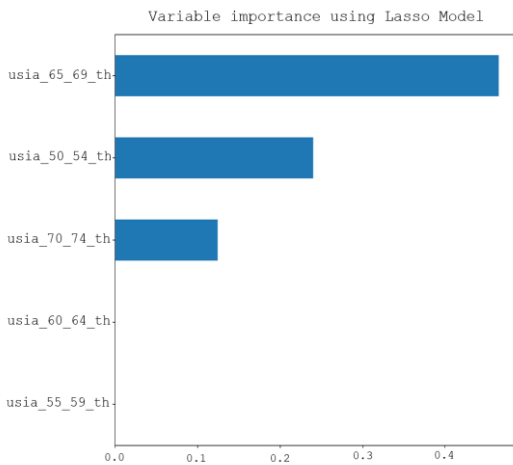
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Wilayah pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah seluruh kelurahan di Provinsi DKI Jakarta (sebanyak 261 kelurahan), dengan variabel respon (y) adalah jumlah positif Covid-19 per tanggal 4 Juni 2021 dan tujuh variabel prediktor (X) yaitu kepadatan penduduk ( $x_1$ ), jumlah fasilitas kesehatan ( $x_2$ ), kelompok usia 70-74 tahun ( $x_3$ ), kelompok usia 65-69 tahun ( $x_4$ ), kelompok usia 60-64 tahun ( $x_5$ ), kelompok usia 55-59 tahun ( $x_6$ ), dan kelompok usia 50-54 tahun ( $x_7$ ) (lihat **Tabel 1 & Gambar 4**).

**Tabel 1.** Statistik deskriptif variabel respon dan variabel prediktor.

Variabel	Mean	Max	Min	Std
Y	1.356,8	3.201	121	666,8
X <sub>1</sub>	22.487,8	94.166	1144	15.699
X <sub>2</sub>	8	28	0	5,4
X <sub>3</sub>	2.623,9	9.465	231	1.400
X <sub>4</sub>	2.015,7	7.295	169	1.046
X <sub>5</sub>	1.469,5	4.698	128	769
X <sub>6</sub>	979	2.769	79	513,6
X <sub>7</sub>	546,8	1.666	59	286

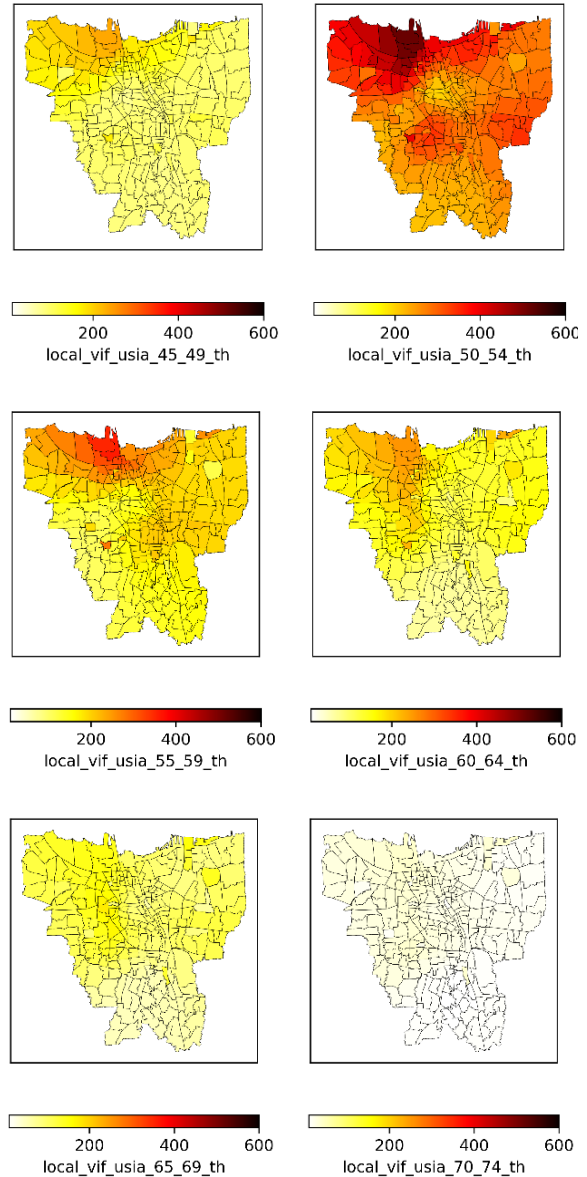
Hasil analisis multikolinearitas dengan menggunakan nilai VIF disajikan pada **Gambar 5**, Batas ambang nilai VIF yang digunakan adalah 10. Dari hasil tersebut nampak bahwa isu multikolinearitas tertinggi terdapat pada kelompok usia 50-54 tahun dan terkonsentrasi di wilayah Jakarta Utara bagian barat dan Jakarta Barat bagian utara. Nilai koefisien Pearson-Correlation digunakan untuk menganalisis signifikansi variabel prediktor dan juga isu multikolinearitas untuk variabel kepadatan penduduk dan jumlah fasilitas kesehatan. Berdasarkan hasil analisis Pearson-Correlation pada **Gambar 6**, unsur yang paling signifikan adalah jumlah fasilitas kesehatan, dan tidak terdapat isu multikolinearitas antara tingkat kepadatan penduduk dan jumlah fasilitas kesehatan.



**Gambar 4.** Analisis Lasso-CV variabel kelompok usia.

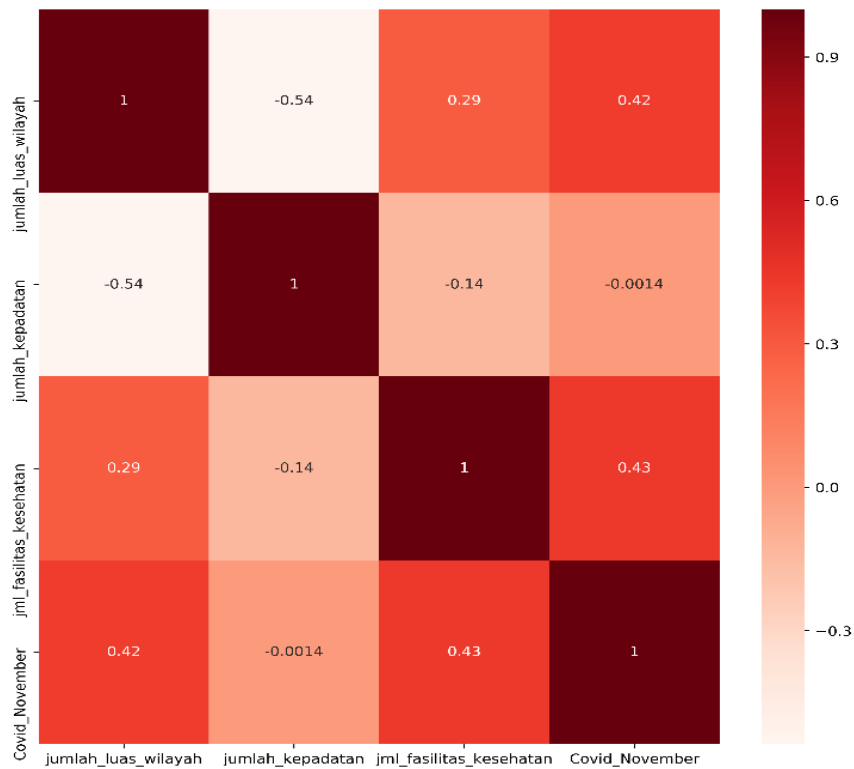
Nilai *bandwidth* yang digunakan pada setiap titik pengamatan adalah bervariasi, karena menggunakan fungsi kernel adaptif dengan algoritma bisquare. Optimasi pemilihan *bandwidth* dilakukan menggunakan metode *Golden Section*, model akan mencari jarak minimum dan maksimum dan menguji nilai Akaike Information Criterion (AICc) pada berbagai jarak secara bertahap. Nilai AICc yang dihasilkan oleh model adalah 249,2 dengan nilai *bandwidth* 102.

Model GWR dijalankan secara sekuens dengan model regresi global terhadap variabel respon dan variabel prediktor. Hal ini untuk melihat apakah model GWR memberikan perbaikan terhadap nilai koefisien determinasi. Model global dijalankan menggunakan algoritma Gaussian. Perbandingan hasil model global Gaussian dengan model GWR dengan fungsi kernel adaptif bisquare terdapat pada **Tabel 2**.



**Gambar 5.** Analisis multikolinearitas pada variabel prediktor kelompok usia rentan.





**Gambar 6.** Analisis Pearson-Correlation untuk variabel prediktor kepadatan penduduk dan jumlah fasilitas kesehatan.

**Tabel 2.** Perbandingan hasil model global Gaussian dengan model GWR fungsi kernel adaptif bisquare.

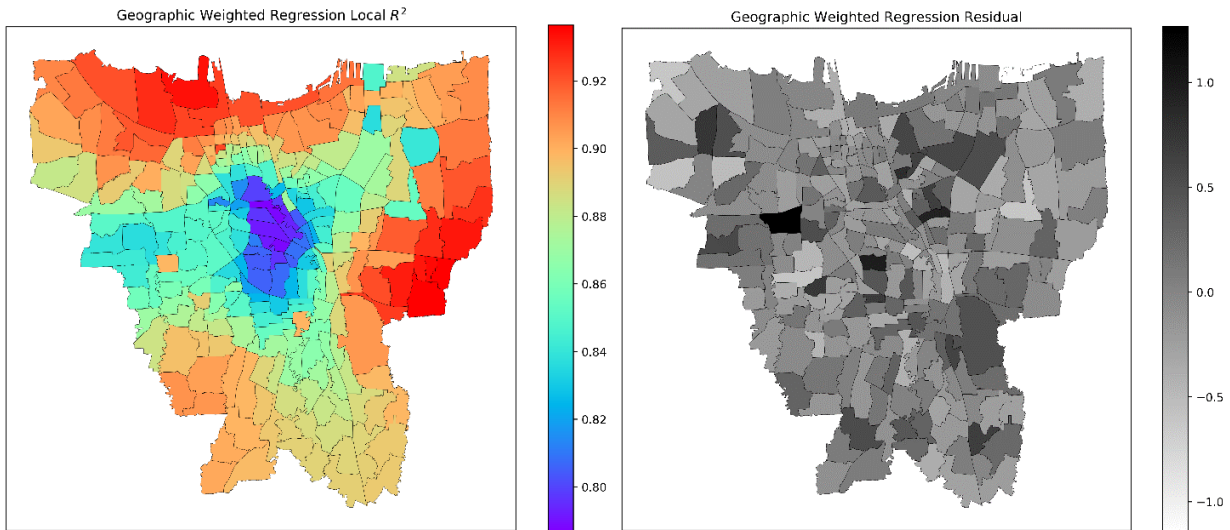
Variabel	Model	
	Global	GWR
Residual	46,332	24,004
AICc	308,161	249,220
R <sup>2</sup>	0,823	0,908
Adjusted R <sup>2</sup>	0,818	0,885

Model global Gaussian menghasilkan nilai koefisien determinasi 0,823, dan model GWR memberikan perbaikan hingga nilai koefisien determinasi menjadi 0,908. Perbaikan yang cukup signifikan ini menandakan terdapat heterogenitas spasial pada variabel respon maupun prediktor. Nilai koefisien determinasi hasil model GWR tersebut menunjukkan bahwa variasi spasial variabel prediktor (tingkat kepadatan penduduk, jumlah fasilitas kesehatan, dan kelompok umur rentan) mempunyai pengaruh terhadap distribusi spasial kasus positif Covid-19 di Provinsi DKI Jakarta sebesar 90,8%, sedangkan sisanya 9,2% dipengaruhi oleh variabel lain di luar penelitian ini. Nilai koefisien determinasi hasil GWR berbeda-beda pada setiap titik pengamatan kelurahan. Hasil plot nilai koefisien determinasi beserta nilai residual pada setiap kelurahan disajikan pada **Gambar 7**.

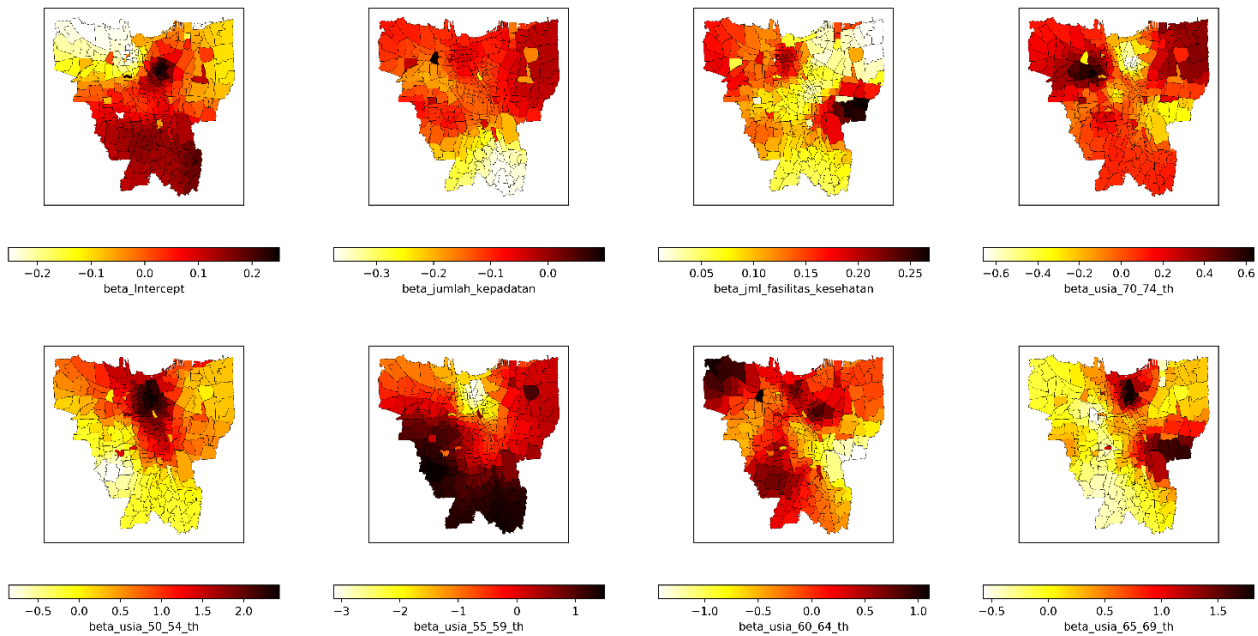
Distribusi nilai koefisien determinasi terendah terdapat pada wilayah Jakarta Pusat, hal ini menunjukkan bahwa pada wilayah tersebut

pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon tidak sekuat dengan wilayah lain. Sedangkan nilai koefisien determinasi tertinggi terdistribusi pada wilayah Jakarta Utara bagian barat, Jakarta Barat bagian utara, dan Jakarta Timur. Model GWR juga menghasilkan nilai bobot/koefisien beta pada masing-masing variabel pada setiap wilayah. Besaran bobot variabel prediktor dapat dilihat pada **Gambar 8**.

Nilai bobot variabel prediktor pada setiap kelurahan sangat bervariasi. Pada variabel kepadatan penduduk, nilai bobot hampir sama di seluruh wilayah, hal ini menunjukkan distribusi spasial tingkat kepadatan penduduk cukup homogen, hal tersebut didukung dengan tingginya laju urbanisasi di DKI Jakarta sehingga menyebabkan hampir semua wilayah memiliki tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Bobot variabel jumlah fasilitas kesehatan tidak terlalu signifikan terhadap distribusi kasus positif Covid-19, hal tersebut dibuktikan dengan rentang bobot pada nilai 0,05 hingga 0,25. Bobot tertinggi dari seluruh variabel prediktor terdapat pada variabel kelompok usia 65-69, hal ini sesuai dengan analisis Lasso-CV (**Gambar 4**) yang menunjukkan bahwa kelompok usia tersebut mempunyai signifikansi yang paling tinggi dibandingkan dengan kelompok usia yang lain.



Gambar 7. Nilai koefisien determinasi (kiri) dan residual (kanan) model GWR dengan fungsi kernel adaptif bisquare.



Gambar 8. Nilai bobot/ koefisien beta variabel prediktor pada setiap kelurahan. Bagian atas dari kiri ke kanan: *intercept*, kepadatan penduduk, jumlah fasilitas kesehatan, kelompok usia 70-74 tahun. Bagian bawah dari kiri ke kanan: kelompok usia 50-54 tahun, kelompok usia 55-59 tahun, kelompok usia 60-64 tahun, kelompok usia 65-69 tahun.

**KESIMPULAN**

Distribusi kasus positif Covid-19 sangat berkaitan dengan lokasi, sehingga investigasi faktor yang mempengaruhi juga harus dimodelkan menggunakan model yang mempertimbangkan jarak dan lokasi. Salah satu algoritma yang tepat untuk digunakan adalah model GWR, yang merupakan pengembangan dari model regresi global, dimana setiap variabel prediktor dihitung di setiap lokasi pengamatan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, terdapat beberapa variabel yang dapat mempengaruhi jumlah kasus positif Covid-19, antara lain kepadatan penduduk, jumlah fasilitas kesehatan, dan kelompok usia rentan.

Hasil pemodelan GWR terhadap tujuh variabel prediktor menunjukkan nilai koefisien determinasi 0,908, yang artinya 90,8% kasus positif

Covid-19 dipengaruhi oleh variabel prediktor dalam penelitian ini, dan 9,2% dipengaruhi oleh variabel lain di luar penelitian. Nilai koefisien determinasi tersebut lebih tinggi dibandingkan nilai koefisien determinasi hasil model regresi global, yaitu sebesar 0,823. Wilayah dengan koefisien determinasi tertinggi terdapat pada wilayah Jakarta Utara bagian barat, Jakarta Barat bagian utara, dan Jakarta Timur, sedangkan nilai koefisien determinasi terendah terdapat pada wilayah Jakarta Pusat. Hal ini dapat terjadi karena adanya intervensi melalui kebijakan khusus pada pemerintah setempat maupun intervensi dari perilaku masyarakat di Jakarta Pusat.

Model GWR memiliki kelemahan dalam memodelkan kejadian Covid-19 karena jumlah angka positif Covid-19 yang sangat bervariasi setiap harinya, sedangkan model hanya dilakukan

berdasarkan jumlah kasus pada periode tertentu. Verifikasi persamaan regresi juga perlu dilakukan untuk menguji keakuratan model. Pada penelitian ini belum dilakukan verifikasi persamaan regresi hasil model GWR, sehingga penulis mendorong adanya penelitian lanjutan untuk melakukan verifikasi dan uji akurasi terhadap persamaan regresi model GWR.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Satgas Covid-19 Provinsi DKI Jakarta yang telah melakukan pendataan dengan rinci setiap hari. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Pemerintah Provinsi DKI Jakarta yang telah menyediakan data kependudukan, dan data-data geospasial lainnya secara terbuka.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmar, A.S. & Boj de Val, E. (2020). Will COVID-19 confirmed cases in the USA reach 3 million? A forecasting approach by using SutteARIMA Method. *Current Research in Behavioral Sciences*, 1 (2020), 100002. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crbeha.2020.100002>.
- Ali, A., Tambunan, M.P. & Tambunan, R.P. (2021). Kajian Meteorologi Transmisi Covid-19 di Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 22(1), 1–8. DOI: <https://doi.org/10.29122/jstmc.v22i1.4627>.
- Alrirol, E., Getaz, L., Stoll, B., Chappuis, F. & Loutan, L. (2011). Urbanisation and infectious diseases in a globalised world. *The Lancet Infectious Diseases*, 11(2), 131–141. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(10\)70223-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(10)70223-1).
- Bashir, M.F., Ma, B., & Shahzad, L. (2020). A brief review of socio-economic and environmental impact of Covid-19. *Air Quality, Atmosphere and Health*, 13 (12), 1403–1409. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00894-8>
- Bilal, B., Latif, F., Bashir, M.F., Komal, B. & Tan, D. (2020). Role of electronic media in mitigating the psychological impacts of novel coronavirus (COVID-19). *Psychiatry Research*, 289(April), 113041. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113041>.
- Edriani, T.S., Rahmadani, A. & Noor, D.M.M. (2021). Analisis Hubungan Kepadatan Penduduk dengan Pola Penyebaran COVID-19 Provinsi DKI Jakarta menggunakan Regresi Robust. *Indonesian Journal of Applied Mathematics*, 1(2), 51. DOI: <https://doi.org/10.35472/indojam.v1i2.353>.
- Esteve, A., Permanyer, I., Boertien, D. & Vaupel, J.W. (2020). National age and coresidence patterns shape COVID-19 vulnerability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(28), 16118–16120. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2008764117>.
- Fotheringham, A.S., Brunson, C. & Charlton, M. (2002). Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships. *John Wiley & Sons, LTD*.
- Leung, Y., Mei, C.L. & Zhang, W.X. (2000). Statistical tests for spatial nonstationarity based on the geographically weighted regression model. *Environment and Planning A*, 32(1), 9-32. DOI: <https://doi.org/10.1080/01448750010001653162>.
- Luo, Y., Yan, J. & McClure, S. (2021). Distribution of the environmental and socioeconomic risk factors on COVID-19 death rate across continental USA: a spatial nonlinear analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(6), 6587–6599. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10962-2>.
- McKinney, W. (2011). Pandas: a foundational Python library for data analysis and statistics. *Python for High Performance and Scientific Computing*, 14(9), 1-9.
- Moghadas, S.M., Shoukat, A., Fitzpatrick, M.C., Wells, C. R., Sah, P., Pandey, A., Sachs, J.D., Wang, Z., Meyers, L.A., Singer, B.H. & Galvani, A.P. (2020). Projecting hospital utilization during the COVID-19 outbreaks in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(16), 9122–9126. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2004064117>.
- Oshan, T. M., Li, Z., Kang, W., Wolf, L.J. & Stewart Fotheringham, A. (2019). MGWR: A python implementation of multiscale geographically weighted regression for investigating process spatial heterogeneity and scale. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(6). DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi8060269>.
- Qomariah, N., Hermawan, H., Isnaini, N.H. & Naely Azhad, M. (2020). How to Improve Employee Performance at Level 1 Health Facilities during the Covid 19 Pandemic? *International Journal of Engineering Research and Technology*, 13(9), 2511–2518. <https://doi.org/10.37624/ijert/13.9.2020.2511-2518>
- Sha, D., Malarvizhi, A.S., Liu, Q., Tian, Y., Zhou, Y., Ruan, S., Dong, R., Carte, K., Lan, H., Wang, Z. & Yang, C. (2020). A state-level socioeconomic data collection of the united states for covid-19 research. *Data*, 5(4), 1–18. DOI: <https://doi.org/10.3390/data5040118>.
- Silalahi, F.E.S., Hidayat, F., Dewi, R.S., Purwono, N. & Oktaviani, N. (2020). GIS-based approaches on the accessibility of referral hospital using network analysis and the spatial distribution model of the spreading case of COVID-19 in Jakarta, Indonesia. *BMC Health Services Research*, 20(1), 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05896-x>.
- Smith, C.D. & Mennis, J. (2020). Incorporating Geographic Information Science and Technology in Response to the COVID-19 Pandemic. *Preventing Chronic Disease: Public Health Research, Practice, and Policy*, 17(E58), 1-7. DOI: <https://doi.org/10.5888/pcd17.200246>.
- Wheeler, D.C. & Páez, A. (2010). Geographically Weighted Regression. In *Handbook of Applied Spatial Analysis*. pp.461-462. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03647-7>
- Wu, X. & Zhang, J. (2021). Exploration of spatial-temporal varying impacts on COVID-19 cumulative case in Texas using geographically weighted regression (GWR). *Environmental Science and Pollution Research*, 28(32), 43732-43746. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13653-8>.
- Yang, C., Sha, D., Liu, Q., Li, Y., Lan, H., Guan, W. W., Hu, T., Li, Z., Zhang, Z., Thompson, J. H., Wang, Z., Wong, D., Ruan, S., Yu, M., Richardson, D., Zhang, L., Hou, R., Zhou, Y., Zhong, C., ... Ding, A. (2020). Taking the pulse of COVID-19: a spatiotemporal perspective. *International Journal of Digital Earth*, 13(10), 1186–1211. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1809723>

*Halaman ini sengaja kami kosongkan*