
Artikel Penelitian

**PEMODELAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI JUMLAH KASUS COVID-19
DI PROVINSI MALUKU MENGGUNAKAN METODE *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED
REGRESSION***

Johan B. Bension¹, Ferry Kondo Lembang², Stazia Noijs³

¹Program Studi Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Pattimura

²Program Studi Sarjana Statistika, Fakultas MIPA Universitas Pattimura

³Program Studi Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Pattimura

Korespondensi : ferrykondolembang@gmail.com

Abstrak

Pandemi COVID-19 telah menjangkiti hampir sebagian besar belahan dunia termasuk Indonesia selama kurang lebih dua tahun dan memberikan dampak negatif dalam berbagai sektor. Sifat penularan melalui droplet yang dikeluarkan oleh penderita ketika batuk, bersin, maupun saat berbicara mempercepat transmisi penularan virus COVID-19. Jumlah kasus positif COVID-19 yang terus bertambah dari hari ke hari bahkan sampai pada kematian mendorong percepatan langkah mitigasi oleh pemerintah untuk mencegah penyebaran dan penularan virus COVID-19. Salah satu provinsi di Indonesia pada akhir tahun 2021 dengan tingkat kematian cukup tinggi akibat COVID-19 yakni Provinsi Maluku dimana mencapai 289 kasus kematian. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang diduga mempengaruhi jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Maluku. Metode analisis yang umumnya digunakan untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi jumlah kasus COVID-19 yaitu metode Ordinary Least Square (OLS). Hasil pengujian terhadap data ditemui mengandung aspek spasial sehingga analisis perlu dilanjutkan menggunakan pendekatan titik salah satunya adalah metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan fungsi pembobot Kernel Adaptive. GWR adalah model regresi terboboti yang menghasilkan model dengan karakteristik lokal. Berdasarkan analisis yang dilakukan diperoleh hasil akhir yang menerangkan bahwa metode GWR dengan fungsi pembobot Kernel Adaptive memiliki kinerja yang lebih baik untuk memodelkan jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Maluku daripada metode OLS dimana menghasilkan nilai koefisien determinasi sebesar 99,62 persen dengan faktor yang dominan antara lain kepadatan penduduk dan persentase penduduk miskin.

Kata kunci : COVID-19, GWR, OLS, Koefisien Determinasi

Abstract

COVID-19 pandemic has infected most parts of the world including Indonesia for approximately two years and has had a negative impact on various sectors. The nature of transmission through droplets released by sufferers when coughing, sneezing, or when talking speeds up the transmission of the COVID-19 virus. The number of positive cases of COVID-19 which continues to increase from day to day and even to the point of death has prompted the government to accelerate mitigation measures to prevent the spread and transmission of the COVID-19 virus. One of the provinces in Indonesia at the end of 2021 with a death rate due to COVID-19, namely Maluku Province, where there have been 289 deaths. Therefore, this study aims to determine the factors that are thought to influence the number of COVID-19 cases in Maluku Province. The analytical method that is generally used to determine the factors that influence the number of COVID-19 cases is the Ordinary Least Square (OLS) method. The results of testing the data were found to contain spatial aspects so that the analysis needs to be continued using a point approach, one of which is the Geographically Weighted Regression (GWR) method with the Kernel Adaptive weighting function. GWR is a weighted regression model that produces a model with local characteristics. Based on the analysis carried out, the final results were obtained which explained that the GWR method with the Kernel Adaptive weighting function had better performance for modeling the number of COVID-19 cases in Maluku Province than the OLS method which produced a coefficient of determination of 99.62 percent with a dominant factor between other population density and the percentage of poor people..

Kata kunci : COVID-19, GWR, OLS, coefficient of determination

Pendahuluan

Corona Virus Diseases 2019 atau COVID-19 merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh SARS-CoV-2, salah satu jenis corona virus dimana awalnya ditemukan di Wuhan Cina dan pada saat itu berkembang pesat serta menyebar ke hampir seluruh belahan dunia¹. *World Health Organization* (WHO) menetapkan COVID-19 sebagai pandemik global yang didasari pertimbangan bahwa COVID-19 telah menjangkiti sebanyak 221 negara di dunia dan menyebabkan sekitar 2,36 juta orang meninggal dunia².

Umumnya gejala yang dialami oleh orang yang terpapar COVID-19 antara lain mengalami demam, batuk kering, dan kesulitan bernapas yang dapat berujung pada kematian. Sepanjang sejarah hanya sedikit jenis virus yang digolongkan pandemik, sehingga tentu saja COVID-19 tidak boleh sama sekali disepelekan³. Selain ancaman kematian bagi orang yang tertular COVID-19, situasi pandemik juga turut memberikan dampak negatif pada berbagai sektor dimana salah satunya yang cukup signifikan adalah tatanan ekonomi global dunia.

Karakteristik penyebaran virus COVID-19 yang sangat cepat dari satu lokasi menuju lokasi lainnya mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh letak geografis dan faktor demografis atau lebih dikenal dengan sebutan efek spasial. Dalam analisis spasial dinyatakan bahwa segala sesuatu yang berkaitan satu dengan yang lainnya, namun sesuatu yang dekat memiliki dampak yang lebih besar dibandingkan sesuatu yang jauh⁴.

Penelitian terkait analisis spasial untuk kasus COVID-19 di Indonesia telah dilakukan sebelumnya^{5,6,7,8,9}. Penelitian yang dilakukan sebelumnya¹⁰ menyatakan bahwa analisis spasial sangat penting diterapkan untuk pengujian kasus COVID-19 sebab sangat berhubungan dengan mobilitas dan respon sosial pada lokasi terkait sehingga upaya mitigasi atau penanganan yang tepat

dapat dilakukan terhadap bahaya penularan COVID-19.

Merujuk pada permasalahan ini maka sangatlah diperlukan kajian penelitian tentang faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi persebaran jumlah kasus positif COVID-19 sebagai upaya mitigasi terhadap situasi pandemik yang dihadapi dunia. Umumnya, metode yang dipakai untuk mengidentifikasi pengaruh faktor signifikan terhadap jumlah kasus positif COVID-19 yaitu analisis regresi linier. Akan tetapi, analisis regresi linier mengabaikan letak geografis yang menjadi observasi sehingga model yang didapatkan memiliki sifat global.

Karakteristik yang berbeda-beda dari setiap tempat pengamatan mengakibatkan persebaran virus COVID-19 di satu tempat dan beragam di tempat lainnya yang artinya faktor yang berpengaruh terhadap penyakit COVID-19 berbeda untuk setiap lokasi. Oleh karena itu, metode regresi yang dirasa sangat tepat untuk kasus positif COVID-19 yakni metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) sebab metode ini memperhatikan faktor wilayah atau lokasi dimana memudahkan penanganan heterogenitas spasial dalam model yang dibentuk (Caraka dan Yasin, 2017). Metode GWR merupakan suatu teknik yang membawa konstruksi model *Ordinary Least Square* (OLS) menjadi model regresi terboboti¹¹.

Berdasarkan informasi dari Gugus Tugas Percepatan Penanganan COVID-19 di Indonesia di awal tahun 2022 tercatat Provinsi Maluku menjadi salah satu provinsi di Indonesia menyandang laju orang terkonfirmasi positif COVID-19 yang berujung dengan kematian cukup tinggi dimana mencapai 289 kasus kematian. Dalam penelitian ini akan menggunakan metode GWR dengan fungsi pembobot Adaptive Kernel Gaussian untuk mengidentifikasi sejumlah faktor yang diduga mempengaruhi jumlah kasus COVID-19 Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku dan mendapatkan model regresi lokal dari jumlah kasus COVID-19

setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku. Diharapkan dari penelitian ini bisa menjadi model kebijakan bagi pemerintah Provinsi Maluku sebagai tindak lanjut pencegahan penyebaran virus COVID-19.

Metode

Sumber data penelitian dalam artikel ini antara lain data publikasi Gugus Tugas Percepatan Penanganan COVID-19 Provinsi Maluku untuk jumlah kasus COVID-19 yang terkonfirmasi sampai dengan tanggal 31 Desember 2021, publikasi Maluku Dalam Angka Tahun 2021 yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Maluku dan publikasi Dinas Kesehatan Provinsi Maluku. Dalam penelitian ini yang dijadikan unit observasi yakni 11 Kabupaten/Kota yang ada di Provinsi Maluku.

Variabel yang dipakai dalam penelitian ini mencakup variabel respon (Y) dan variabel prediktor (X) yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Variabel Penelitian	
Variabel	Nama Variabel
Y	Jumlah Kasus COVID-19 pada setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku
X ₁	Kepadatan Penduduk pada setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku
X ₂	Persentase Penduduk Miskin pada setiap Kabupaten/Kota di
X ₃	Tingkat Pengangguran Terbuka pada setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku
X ₄	Persentase Rumah Tangga dengan Sumber Air Minum Layak pada setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku

X ₅	Persentase Penduduk Lansia pada setiap Kabupaten/Kota di
X ₆	Angka Melek Huruf pada setiap Kabupaten/Kota di

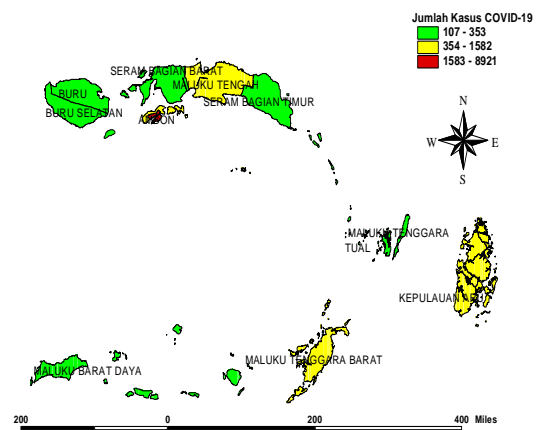
Alat yang dipakai dalam proses penyelesaian penelitian yaitu seperangkat komputer yang telah dilengkapi paket software open source R dan ARCVIEW GIS serta literatur (buku teks dan jurnal) yang terkait dengan metode yang digunakan.

Analisis data penelitian meliputi metode OLS untuk memperoleh model jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Maluku secara global dan metode GWR untuk memperoleh model jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Maluku secara lokal.

Hasil

Deskripsi statistik untuk memberi kemudahan informasi yang diterima terkait data penelitian. Metode deskripsi yang dipakai yaitu visualisasi (*mapping*).

Peta Tematik Jumlah Kasus COVID-19 Provinsi Maluku






Gambar 1. Jumlah Kasus COVID-19 pada 11 Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku (Sumber data: Data Sekunder 2021).

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Maluku menurut kabupaten/kota terlihat pada degradasi warna yang berbeda. Warna merah

dengan interval 1583,00 – 8921,00 menunjukkan jumlah kasus Covid-19 terbanyak di Provinsi Maluku. Untuk lebih jelasnya disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Persebaran Jumlah Kasus Covid-19 di Provinsi Maluku Berdasarkan Warna.

Warna	Nama Kabupaten/Kota
	Buru, Buru Selatan, Seram Bagian Barat, Seram Bagian Timur, Maluku Tenggara, Tual, Maluku Barat Daya,
	Kepulauan Tanimbar, Maluku Tengah, Kepulauan Aru
	Ambon

Sebelum dilakukan pemodelan OLS, terlebih dahulu dilakukan pendeteksian multikolinieritas untuk mengidentifikasi ada tidaknya korelasi antar variabel prediktor yang dilibatkan dalam penelitian. Pendeteksian multikolinieritas menggunakan nilai VIF (*Variance Inflation Factor*). Berikut disajikan nilai VIF dari variabel prediktor pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai VIF Variabel Prediktor

Kode	Variabel	Nilai VIF
X ₁	Kepadatan Penduduk	8,892
X ₂	Persentase Penduduk Miskin	2,823
X ₃	Persentase Tingkat Pengangguran Terbuka	9,924
X ₄	Persentase Rumah Tangga dengan Sumber Air Minum Layak	2,635
X ₅	Persentase Penduduk Lansia	1,806
X ₆	Persentase Angka Melek Huruf	1,750

Berdasarkan nilai VIF yang ditampilkan pada Tabel 3 bisa diambil kesimpulan bahwa ternyata tidak ditemukan kasus multikolinieritas antara variabel prediktor. Hal ini diperlihatkan Nilai VIF setiap variabel

prediktor kurang dari 10, oleh sebab itu seluruh variabel prediktor bisa digunakan selanjutnya kedalam pemodelan OLS.

Model OLS terbaik yang diperoleh untuk jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Maluku disajikan sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 716,506 + 10,966X_1 + 51,644X_2 - 467,884X_3$$

Model OLS yang diperoleh ini perlu diuji heterogenitas spasial menggunakan statistik uji Breusch-Pagan guna mendapatkan informasi apakah model OLS diatas sudah tepat digunakan untuk mengetahui sejumlah faktor yang mempengaruhi jumlah kasus COVID-19 di 11 Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku. Maksud dari dilakukannya uji heterogenitas spasial yaitu untuk mendeteksi adanya perbedaan karakteristik antara setiap wilayah dalam model OLS terbaik. Dengan menggunakan uji *Breusch-Pagan* diperoleh nilai p-value sebesar 0,1262 untuk taraf signifikansi $\alpha = 0,15$. Sebab $p\text{-value} < \alpha$ maka simpulan keputusan yaitu Tolak H₀ artinya terdapat heterogenitas spasial pada data yang diobservasi.

Adanya heterogenitas spasial mengakibatkan model OLS diatas belumlah tepat dipergunakan untuk mengetahui sejumlah faktor yang mempengaruhi jumlah kasus COVID-19 pada 11 Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku. Model OLS menghasilkan pendugaan parameter secara global dan tidak memperhatikan adanya keragaman karakteristik wilayah yang diobservasi. Oleh sebab itu, model yang paling tepat digunakan untuk kasus adanya heterogenitas spasial yaitu model GWR.

Tahapan yang wajib dilakukan pada pemodelan GWR yaitu mencari nilai *bandwith* optimum, dimana fungsi *bandwith* yaitu untuk menentukan bobot dari suatu tempat terhadap tempat lainnya. Fungsi Kernel Gaussian digunakan sebagai dasar penentuan bobot optimum. Dua fungsi

pembobot kernel Gaussian yang dikenal yakni fungsi pembobot Kernel *fixed* dan *adaptive*. Fungsi Kernel *fixed* memiliki *bandwith* yang sama untuk semua tempat pengamatan, sedangkan Fungsi Kernel *adaptive* mempunyai *bandwith* yang berbeda pada masing-masing tempat observasi.

Dalam penelitian ini dipilih Fungsi Kernel *adaptive* untuk menentukan pembobot terbaik. Hasil *bandwith* optimum yang diperoleh yaitu sebesar 0,2860555 mengandung arti titik yang berada pada jarak 0,2860555 dianggap memiliki pengaruh besar saat mengkonstruksi parameter model dari setiap tempat. Tahapan berikut adalah pembentukan matriks pembobot yang akan dipakai untuk menaksir parameter pada setiap observasi. Matriks pembobot spasial yang didapatkan untuk setiap tempat selanjutnya dipakai untuk mengkonstruksi model GWR masing-masing Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku sehingga diperoleh model yang berbeda satu sama lain.

Pengujian kesesuaian model GWR menggunakan uji F. Hasil perhitungan uji F yang dilakukan didapatkan nilai F_{hitung} model GWR dengan fungsi pembobot Kernel *adaptive* yakni sebesar 4,147 dimana lebih besar daripada nilai $F_{(0,15;7;3,42219)}$ sebesar 3,8013459 itu artinya keputusan yang diambil yaitu Tolak H_0 artinya ada perbedaan yang sangat berarti diantara model OLS dengan model GWR.

Uji signifikansi parameter model GWR memakai uji t. Uji ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi variabel prediktor apa saja yang mempengaruhi jumlah Kasus COVID-19 untuk masing-masing Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku. Tabel 4 dibawah ini menunjukkan hasil uji t salah satu Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku.

Tabel 4. Contoh hasil uji t Kota Ambon

Variabe I	Nilai $\hat{\beta}$	$ t_{hitung} $	t_{tabel}
X ₁	7,783149	3,876707	0,76489 2

X ₂	24,09373	0,884700	0,76489 7 2
X ₃	-131,8153	0,315146	0,76489 5 2
X ₄	57,22705	0,665960	0,76489 3 2
X ₅	-133,1312	0,372343	0,76489 3 2
X ₆	1,741075	0,012627	0,76489 4 8 2

Sumber : Hasil olahan software open source R

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus COVID-19 di Kota Ambon adalah variabel Kepadatan Penduduk (X₁) dan variabel Persentase Penduduk Miskin (X₂) sebab memiliki nilai $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ yang artinya Tolak H_0 . Adapun model matematis GWR untuk jumlah kasus COVID-19 di Kota Ambon dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{Ambon} = -3789,136 + 7,783X_1 + 24,094X_2$$

interpretasi dari model diatas yaitu jika kepadatan penduduk (X₁) di Kota Ambon naik sebesar 1 persen, maka jumlah kasus COVID-19 akan bertambah sebanyak 7,783 kasus dimana diasumsikan bahwa variabel prediktor lainnya adalah konstan. Hal yang sama dapat diinterpretasikan untuk variabel prediktor persentase penduduk miskin (X₂) dimana apabila meningkat 1 persen maka jumlah kasus COVID-19 bertambah sebanyak 24,094 kasus dengan menganggap variabel prediktor lain adalah konstan.

Berikut ini disajikan dalam Tabel 5, variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus COVID-19 pada setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku.

Tabel 5. Nilai VIF Variabel Prediktor

Kabupaten /Kota	Variabel Yang Signifikan
Kabupaten Buru, Kabupaten Maluku	X ₁ dan X ₂

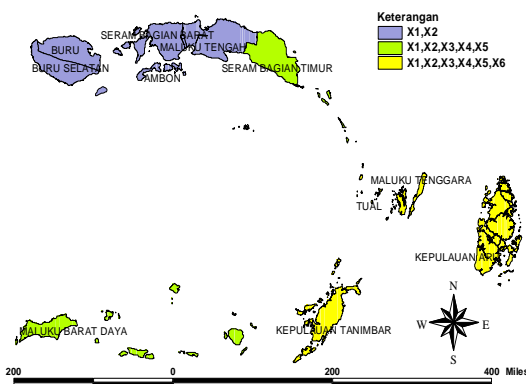
Tengah, Kabupaten
 Seram Bagian Barat,
 Kabupaten Buru
 Selatan, dan Kota
 Ambon

Kabupaten Seram X₁, X₂, X₃, X₄,
 Bagian Timur dan dan X₅
 Kabupaten Maluku
 Barat Daya

Kabupaten Kepulauan X₁, X₂, X₃, X₄,
 Tanimbar, Kabupaten X₅, dan X₆
 Maluku Tenggara,
 Kabupaten Kepulauan
 Aru, dan Kota Tual

Secara visual dapat ditampilkan sebagai berikut :

Persebaran Variabel Kelompok Yang Signifikan



Gambar 8. Peta Persebaran Variabel Kelompok yang Signifikan (sumber: hasil olahan ARCGIS)

Pemilihan model terbaik menjadi tahapan terakhir dari proses penelitian dimana bertujuan untuk mengevaluasi seberapa besar kemungkinan setiap model yang dihasilkan sudah sesuai dengan data. Perbandingan model OLS dan model GWR melalui kriteria nilai koefisien determinasi (R^2) yang ditunjukkan dibawah ini:

Tabel 6. Perbandingan Model OLS dan GWR

Model	(R^2)
OLS	87,07%
GWR	99,62%

Sumber: Hasil olahan *software open source R*

Berdasarkan Tabel 6 didapat informasi bahwa model GWR menghasilkan nilai koefisien determinasi sebesar 99,62 persen dimana lebih besar dari nilai koefisien determinasi model OLS yakni sebesar 87,07 persen yang artinya bahwa model GWR memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan model OLS terkait pemodelan jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Maluku.

Kesimpulan dan Saran

Dari uraian hasil diketahui melalui statistik uji Breusch-Pagan ditemukan kasus heterogenitas spasial artinya ada ketidaksamaan karakteristik antar wilayah untuk jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Maluku. Oleh sebab itu, usulan metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan heterogenitas spasial yaitu metode GWR. Model GWR dengan fungsi pembobot Kernel *adaptive* menghasilkan nilai koefisien determinasi sebesar 99,62 persen dimana jauh melampaui nilai koefisien determinasi model OLS yang hanya sebesar 87,07 persen.

Kesimpulan lain yang diperoleh yaitu terdapat 3 grup Kabupaten/Kota berdasarkan variabel prediktor yang mempengaruhi jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Maluku. Adapun variabel prediktor yang dominan mempengaruhi jumlah kasus COVID-19 di Provinsi Maluku yaitu variabel kepadatan penduduk (X_1) dan variabel persentase penduduk miskin (X_2).

Saran lanjutan penelitian sejenis antara lain dapat menambahkan variabel prediktor lainnya yang diduga memiliki keterkaitan dengan kasus COVID-19 di Provinsi Maluku serta mencoba dengan fungsi pembobot lainnya semisal fixed Kernel.

Daftar Pustaka

1. Wang C, Wang Z, Wang G, Lau JYN, Zhang K, Li W. COVID-19 in early 2021: current status and looking forward. Vol. 6, Signal Transduction and Targeted Therapy. Springer Nature; 2021.
2. WHO. World Health Organization. Coronavirus Disease (COVID-2019) Situation Reports: Coronavirus disease (COVID-19) Weekly Epidemiological Updates and Monthly Operational Updates. 2023.
3. Ilpaj SM, Nurwati N. Analisis Pengaruh Tingkat Kematian Akibat COVID-19 Terhadap Kesehatan Mental Masyarakat Di Indonesia. 2020;3(1):16–28. Available from: <https://www.kompas.com/global/read/2020/03/12/001124570>
4. Anselin L. Spatial Econometrics: Methods and Models. 1st ed. Netherland: Kluwer Academic Publisher; 1998.
5. Hayati AN, Pawenang ET. Analisis Spasial Kesehatan Lingkungan dan Perilaku di Masa Pandemi Untuk Penentuan Zona Kerentanan dan Risiko. Indonesian Journal of Public Health and Nutrition. 2021;1(2):164–71.
6. Sartika E, Murniati S. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Jumlah Kasus COVID-19 di Jawa Barat. ETHOS: Jurnal Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. 2022;10(2):180–90.
7. Sifriyani S, Mandang I, Amijaya FDT, Ruslan R. Developing Geographically Weighted Panel Regression Model for Spatio-Temporal Analysis of COVID-19 Positive Cases in

Kalimantan, Indonesia. Journal of Southwest Jiaotong University. 2022;57(3).

8. Pasaribu US, Mukhaiyar U, Huda NM, Sari KN, Indratno SW. Modelling COVID-19 growth cases of provinces in java Island by modified spatial weight matrix GSTAR through railroad passenger's mobility. Heliyon. 2021;7(2).
9. Syetiawan A, Harimurti M, Prihanto Y. A spatiotemporal analysis of COVID-19 transmission in Jakarta, Indonesia for pandemic decision support. Geospat Health. 2022;17(s1).
10. Franch-Pardo I, Napoletano BM, Rosete-Verges F, Billa L. Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19. A review. Science of The Total Environment [Internet]. 2020;739:140033. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720335531>
11. Fotheringham AS, Brunsdon C, Charlton M. Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships. John Wiley & Sons; 2003.