

Analisis Pola Spasial Sebaran COVID-19 Kota Bogor Berdasarkan Indeks Moran

I Ketut Sutarga

Masuk: 12 12 2022 / Diterima: 21 12 2022 / Dipublikasi: 31 12 2022

Abstract The COVID-19 pandemic disaster in the city of Bogor needs to be identified with the distribution of spatial patterns to facilitate mitigation efforts. Distribution patterns and local cluster mapping are needed to determine affected areas. This study aims to identify and map the spatial distribution, whether the pattern of COVID-19 is random, scattered, or clustered. The direction of distribution needs to be mapped to prevent its spread. In aggregate, data were collected on positive and suspected cases of COVID-19 for each sub-district from 1 March 2020 to 23 May 2021. Data processing was carried out using a quantitative method using the GIS spatial statistics software. Spatial pattern identification was analyzed using the Moran's Global Index spatial autocorrelation. The analysis results illustrate that the positive and suspected cases of COVID-19 have a clustered distribution pattern with the Moran index of 0.432980 and 0.280374, respectively. Hot spot cluster mapping on positive and suspected cases using Getis Ord G_i^* local spatial autocorrelation shows that there are 11 hot spot clusters and 11 cold spots significantly. This local cluster pattern occurs in several sub-districts and crosses the district's boundaries. The elliptic standard deviation shows essential information on the direction of the trend of the spread of COVID-19, which is needed for pandemic disaster mitigation efforts in several sub-districts in the Bogor City.

Keywords: Spatial Pattern; Moran Index; COVID-19; Bogor City

Abstrak Bencana pandemi COVID-19 di kota Bogor perlu diidentifikasi sebaran pola spasial guna memudahkan upaya mitigasi. Pola sebaran dan pemetaan kluster lokal diperlukan untuk mengetahui daerah mana yang terkena dampak. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan sebaran spasial, apakah pola COVID-19 itu acak, tersebar, atau mengelompok. Arah sebaran perlu dipetakan untuk upaya pencegahan penyebarannya. Pengambilan data secara agregat kasus positif dan suspek COVID-19 masing-masing kelurahan mulai 1 Maret 2020 hingga 23 Mei 2021. Pengolahan data dilakukan dengan metode kuantitatif menggunakan perangkat lunak statistika spasial SIG. Identifikasi pola spasial dianalisis menggunakan autokorelasi spasial Index Moran's Global. Hasil analisis menggambarkan bahwa kasus positif dan suspek COVID-19 memiliki pola sebaran mengelompok dengan indeks Moran masing-masing 0,432980 dan 0,280374. Pemetaan kluster titik panas pada kasus positif dan suspek menggunakan autokorelasi spasial lokal Getis Ord G_i^* menunjukkan bahwa secara signifikan terdapat 11 kluster titik panas dan 11 titik dingin. Pola kluster lokal ini terjadi pada kelurahan yang letaknya berdekatan, melintasi dan tidak mengenal batas kecamatan. Standar deviasi elips menunjukkan informasi penting arah kecenderungan penyebaran COVID-19 yang diperlukan untuk upaya mitigasi bencana pandemi di beberapa kelurahan di Kota Bogor.

Kata kunci: Pola Spasial; Indeks Moran; COVID-19; Kota Bogor

1. Pendahuluan

Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) merupakan penyakit jenis baru yang belum pernah teridentifikasi sebelumnya pada manusia. Virus penyebab COVID-19 disebut Sars-CoV-2. Informasi dari petugas kesehatan, COVID-19 dapat menular dari manusia ke manusia melalui kontak dekat dan droplet. "Virus pernapasan dapat ditularkan melalui empat cara penularan utama: kontak langsung (fisik), kontak tidak langsung (fomite), tetesan (besar) dan aerosol (halus)" (Leung, 2021). Orang yang paling berisiko tertular penyakit ini adalah orang yang kontak dekat dengan pasien COVID-19, termasuk mereka yang merawat pasien COVID-19. Rekomendasi standar untuk mencegah penyebaran infeksi adalah dengan mencuci tangan secara teratur, memakai masker, dan menghindari keramaian.

Seperti diketahui, pandemi COVID-19 menular dari manusia ke manusia karena faktor kedekatan. Jarak terdekat adalah keluarga yang tinggal dalam satu rumah, kemudian yang kedua adalah interaksi warga terdekat di sekitar tempat tinggal. Berdasarkan tingkat keterpaparan tersebut, perlu dicari dan dirumuskan pola sebaran spasialnya. Berkaitan dengan jarak, konsep autokorelasi spasial dapat diterapkan untuk identifikasi seperti apa pola sebaran spasialnya. Autokorelasi spasial akan menunjukkan sejauh mana karakteristik pada satu lokasi sama atau berbeda dengan yang ada di sekitarnya. Autokorelasi spasial indeks Moran dapat

menghitung apakah pola sebaran COVID-19 acak, mengelompok atau tersebar. "Indeks Autokorelasi Spasial Moran digunakan untuk memetakan autokorelasi spasial (klaster) untuk menampilkan pola penyebaran pandemi COVID-19" (Zakaria et al., 2021).

Selama ini, sebagian besar analisis statistika didasarkan pada asumsi bahwa data yang diamati bersifat mandiri atau independen. Menurut para peneliti bahwa faktor lokasi dan kedekatan jarak selalu mempengaruhi pola penyebaran penyakit menular atau fenomena sosial ekonomi (Sheila et al., 2014), (Novitasari & Khikmah, 2019). Untuk itu diperlukan suatu metode yang mampu mengatasi masalah kemandirian data dan dapat mengakomodir hal-hal yang berkaitan dengan jarak antar data amatan. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi tentang pola sebaran spasial wabah COVID-19 di Kota Bogor. Tujuan kedua adalah untuk pemetaan klaster serta arah penyebaran guna mitigasi bencana COVID-19. Adapun yang mendasari penelitian ini adalah suatu dalil bahwa "ketika autokorelasi spasial terdeteksi, asumsi utama dari istilah kesalahan yang tidak berkorelasi dan independensi pengamatan dilanggar (Kim et al., 2021). Hal ini dapat disebabkan oleh observasi dan pengumpulan data yang berdekatan sehingga akan menghasilkan suatu fenomena yang tidak dapat berdiri sendiri.

Penelitian autokorelasi spasial COVID-19 menggunakan indek Moran menunjukkan bahwa ada korelasi keterkaitan dengan kedekatan geografis (Maknunah, 2021) dan (Hutabarat, 2022). Indek Moran dan pemetaan

I Ketut Sutarga
Badan Informasi Geospasial, Indonesia

lkets64@gmail.com

klaster dan pencilaan COVID-19 dapat diterapkan sebagai indikator dalam upaya pencegahan penyebaran pandemik virus corona (Ghazali et al., 2021). Kajian autokorelasi spasial pada keterkaitan kedekatan geografis penyebaran spasial pandemi COVID-19 menunjukkan bahwa terjadi polarisasi pengelompokan pada kasus terinfeksi (Obradović et al., 2022).

2. Metode

Data dan Peralatan

Pendataan warga yang positif COVID-19 di Kota Bogor yang terdiri atas 68 kelurahan 6 kecamatan diperoleh dari data sekunder. Data agregat tersebut diberikan oleh Dinas Kesehatan Kota Bogor sejak awal pandemi 1 Maret 2020 hingga 23 Mei 2021 pukul 17.00 yang disiarkan di alamat webnya (Dinas, 2021). Data tersebut kemudian digabungkan dengan data spasial kota Bogor dalam format shapefile. Metode analisis dalam penelitian ini adalah pengolahan secara kuantitatif dengan studi kasus satu wilayah yang terdampak parah COVID-19. Kasus yang diteliti adalah untuk menguji apakah pandemi COVID-19 memiliki kecenderungan membentuk klaster. Klaster terjadi karena karakteristik pandemi COVID-19 ditularkan melalui orang terdekat yaitu keluarga dan tetangga di lingkungan tempat tinggalnya serta berinteraksi langsung dengan orang lain. Pengolahan dan analisis kuantitatif menggunakan *tools* statistika spasial pada sistem informasi geografis dengan perangkat lunak ArcGIS Desktop 10.8.

Acuan dasar dalam autokorelasi spasial adalah konsep atau postulat

pertama dalam geografi, yaitu tentang lokasi yang berkaitan dengan jarak. Konsep ini sangat erat kaitannya dengan cara kita mempersepsi atau mengenali objek-objek di lingkungan sekitar kita, baik fenomena fisik maupun fenomena alam dan sosial. Dikatakan dalam konsep pertama geografi yang dikemukakan oleh (Tobler, 1970): 'segala sesuatu terkait dengan segala sesuatu yang lain, tetapi hal-hal yang dekat lebih terkait daripada hal-hal yang jauh'. Ini berarti bahwa segala sesuatu selalu terkait dengan yang lainnya, tetapi sesuatu yang lebih dekat memiliki pengaruh yang lebih besar. Metode yang digunakan dalam menghitung spasial autokorelasi adalah indeks Global Moran's I, analisis titik panas untuk klaster lokal dengan Getis Ord G_i^* dan pemetaan klaster serta arah area terdampak.

Indeks Global Moran

Indeks Global Moran I adalah angka yang menunjukkan nilai autokorelasi spasial sebagai penerapan hukum pertama geografi. Indeks global Moran I memberikan gambaran tentang pola spasial global menurut ruang lingkup dan distribusi data spasial. Hasil perhitungan merupakan rangkuman analisis statistika yang menggambarkan pola spasial global. Indeks global Moran dihitung dengan persamaan (Heyne & Fhoteringham, 2020):

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

di mana,

I adalah nilai Moran, s I

n adalah jumlah lokasi

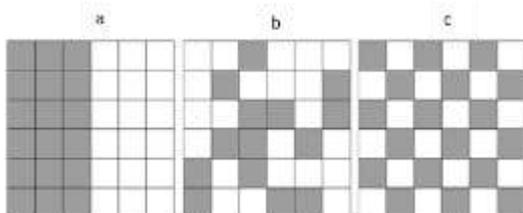
x_i adalah nilai di lokasi i

x_j adalah nilai di lokasi j

\bar{x} adalah jumlah rata-rata variabel

W_{ij} adalah elemen bobot di wilayah i dan j

Untuk mengklasifikasikan apakah pola spasial tersebut acak, mengelompok, tersebar atau bahkan tidak memiliki pola tertentu, maka perlu dilakukan pengujian indeks Moran secara statistik. Uji statistik dilakukan terhadap angka indeks Moran, nilai standar (*z-score*), nilai probabilitas (*p-value*) dengan tingkat kepercayaan 95%. Nilai indeks Moran dari persamaan autokorelasi spasial dapat menunjukkan pola spasial yang terbentuk. Kisaran nilai indeks global Moran antara -1 hingga +1 yang dapat diartikan dan diklasifikasikan sebagai acak, tersebar atau mengelompok seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi pola autokorelasi spasial: a. positif, b. tidak ada, c. Negatif
Sumber: (Anselin, 2009)

Hasil perhitungan indeks global Moran dapat diklasifikasikan pola spasialnya menjadi tiga kategori sesuai dengan ruang lingkup data spasialnya sebagai berikut:

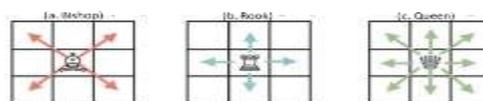
Indek Moran	Pola Spasial
$I > 0$	Berkelompok
$I < 0$	Acak
$I = 0$	Tersebar

Sumber: (Anselin, 2009)

Matriks Pembobot Spasial

Hubungan kedekatan antar lokasi atau wilayah dinyatakan dalam matriks pembobot spasial *W*, dengan elemen *W_{ij}*. Relasi ketetanggaan dapat

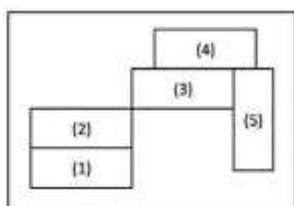
mengakomodir bentuk tipe data titik dan luasan-poligon. Secara umum, metode ketetanggaan antara poligon yang dapat dipilih dapat berupa tipe *Queen*, *Rook*, atau *Bishop*. Ketiga jenis persentuhan ini tentu saja memberikan nilai bobot yang berbeda. Hal ini akan menentukan nilai *W_{ij}* terkait perhitungan Index Moran. Dalam pemodelan data, suatu lokasi selalu memiliki hubungan atau pengaruh dengan lokasi lain yang berdekatan (*contiguity distance method*) yang disebut ketergantungan spasial. Ketetanggaan spasial dapat dideskripsikan dan dirumuskan dalam elemen bobot seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Ilustrasi ketetanggaan sebagai pembobot spasial
Sumber: (De Oliveira et al., 2021)

- i. *Bishop Contiguity*. Bobot spasial ini mendefinisikan *W_{ij}* = 1 untuk daerah di mana titik bertemu dengan daerah yang diinginkan, dan *W_{ij}* = 0 untuk daerah lain di mana titik tidak bertemu dengan tetangga. Misalnya wilayah 2 memiliki pengaruh *corner* (pojok) bobot *W₂₃* = 1 dan baris lainnya diberi nilai nol dalam matriks tertimbang;
- ii. *Rook Contiguity*. Matrik pembobot spasial ini mendefinisikan bobot antar wilayah (*W_{ij}*) = 1 untuk sisi yang sama dengan wilayah yang menjadi perhatian dan untuk wilayah lain yang tidak berdekatan. Misalnya wilayah 3 memiliki pengaruh *edge* (sisi) bobot (*W₃₄*) = 1, (*W₃₅*) = 1, dan baris lainnya diberi nilai 0 dalam matriks.

iii. *Queen Contiguity*. Matrik pembobot spasial ini mendefinisikan $W_{ij} = 1$ untuk daerah yang sisi atau simpulnya bertemu dengan daerah yang diinginkan dan $W_{ij} = 0$ untuk daerah lain yang tidak bertetangga dan bertemu dengan titik tersebut. Misalnya kotak 3 memiliki pengaruh *edge - corner* (sisi dan pojok) bobot $W_{32} = 1, W_{34} = 1, W_{35} = 1$ dan baris lainnya diberi nilai nol dalam matriks.



Gambar 3. Ilustrasi matrik pembobot spasial dari data poligon

Uji Statistik Indeks Global Moran

Menganalisis pola spasial dengan inferensi tidak lepas dari uji statistik yaitu hipotesis null (H_0) dan/ atau hipotesis alternatif (H_1). Hipotesis null menunjukkan bahwa tidak ada hubungan, sedangkan hipotesis alternatif menunjukkan bahwa ada hubungan/ketergantungan antara keduanya. Pengujian ini diperlukan untuk memudahkan dalam menarik kesimpulan atau mengambil keputusan dari kecenderungan pola distribusi data yang diamati. Uji statistik disesuaikan untuk mempertimbangkan apakah tingkat kepercayaan adalah 90%, 95%, atau 99% (lihat hasil gambar 5). Hasil perhitungan *p-value* dan *z-score* perlu diuji apakah hipotesis null akan ditolak dan hipotesis alternatif diterima. Hal ini tergantung pada penentuan tingkat kepercayaan yang diterapkan dalam konsep pengambilan keputusan. *Z-score* yang tinggi biasanya dikaitkan

dengan *p-value* yang rendah. Tingkat kepercayaan yang umum digunakan dalam geografi adalah 95%. Nilai kritis untuk skor standar 95% (*z-score*) adalah antara -1,96 dan +1,96. Jika *z-score* antara -1,96 dan +1,96 dan *p-value* lebih besar dari 0,05, maka kita tidak dapat menolak hipotesis null. Ini akan menghasilkan pola acak, sehingga tidak ada pengelompokan. Dalam hal ini distribusi tidak memiliki hubungan spasial dengan yang berdekatan dalam ruang karena tidak ada yang serupa. Berikut hubungan antara *z-score*, *p-value* dan tingkat kepercayaan (Tabel 2).

Tabel 2. Hubungan antara *z-score*, *p-value* dan tingkat kepercayaan

<i>z-score</i> (Nilai baku)	<i>p-value</i> (Probabilitas)	Tingkat kepercayaan
<-1.65 atau > +1.65	< 0.10	90%
<-1.96 atau > +1.96	< 0.05	95%
<-2.58 atau > +2.58	< 0.01	99%

Titik Panas dan Kluster Lokal

Analisis statistika spasial dengan menggunakan alat titik panas (*hot spot*) analisis merupakan upaya pemetaan data COVID-19 hingga 23 Mei 2021 Kota Bogor. Analisis titik panas adalah alat deteksi kluster yang dapat mengidentifikasi konsentrasi spasial yang signifikan secara statistik dari nilai tinggi dan rendah yang terkait dengan serangkaian fitur geografis. Analisis titik panas adalah model perhitungan statistika Getis Ord G_i^* yang menghitung *z-score* dan *p-value* yang akan memberikan gambaran dimana kluster spasial terjadi. Model ini akan

menghitung setiap fitur yang berhubungan dengan bilangan tetangga. Titik panas akan terjadi jika *z-score* yang tinggi dikelilingi oleh *z-score* yang tinggi pula. Jika *z-score* kecil atau negatif juga dikelilingi oleh *z-score* negatif, ini diidentifikasi sebagai *cold spot* (titik dingin). Proses identifikasi dan pemetaan dilakukan dengan menganalisis titik panas menggunakan persamaan kluster lokal Getis Ord G_i^* (Ord & Getis, 1995):

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\left[\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{ij} \right)^2}{n-1} \right]}}$$

dimana,

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \text{ dan } S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

Pemetaan titik panas dilakukan baik pada data kasus positif COVID-19 maupun data kasus suspek COVID-19. Hasil dari pemetaan kluster lokal ini adalah penentuan kategori daerah kluster tinggi dan daerah kluster rendah

sesuai dengan tingkat kepercayaan apakah interval 90%, 95% atau 99%.

Berbeda dengan indeks global Moran, maka pemetaan kluster-pencilan (*cluster-outlier*) COVID-19 merupakan salah satu metode dalam mengetahui lebih rinci (secara lokal) pada masing-masing poligon/ region yang dianalisis. Pemetaan kluster lokal dalam hal ini adalah mengidentifikasi dan mengklasifikasi wilayah kelurahan yang terdampak. Pemetaan juga dilakukan guna identifikasi wilayah pencilan yaitu suatu wilayah yang di luar rata-rata data sekitarnya. Pemetaan wilayah pencilan menghasilkan region dengan kategori *cluster-outlier* yaitu HH, HL, LH dan LL. Cluster tersebut kemudian ditentukan ruang lingkup dan arahnya dengan fungsi distribusi arah atau standar deviasi elips pada statistika spasial. Dari cakupan dan arah elips yang terbentuk, dapat digambarkan bahwa kawasan kelurahan tertentu yang harus diwaspadai.

Tabel 3. Katagori hasil analisis kluster dan pencilan

Tipe Kluster / Pencilan	Keterangan
HH	Kluster nilai tinggi yang dikenal sebagai <i>titik panas</i> .
LL	Kluster nilai rendah yang dikenal sebagai <i>titik dingin</i> .
HL	Pencilan dimana nilai tinggi dikelilingi terutama oleh nilai rendah.
LH	Pencilan dimana nilai rendah dikelilingi terutama oleh nilai tinggi.

Pemetaan pencilan dilakukan dengan menentukan nilai indeks kluster-pencilan menggunakan persamaan Anselin Local Moran'I (ESRI, 2018):

$$I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{X})$$

dimana,

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n (x_j - \bar{X})^2}{n-1}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis Kluster Global Covid19 Kota Bogor

Perhitungan analisis Indeks global Moran dilakukan dengan memasukkan data input masing-masing jumlah kasus positif dan suspek COVID-19. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *Spatial Autocorrelation (Moran's I) tool di ArcToolbox Spatial*

Statistics pada Software ArcGIS Desktop 10.8. Informasi data input dan hasil indeks Moran serta informasi dan ringkasan dataset disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan laporan dari hasil analisis indeks Moran global COVID-19 Kota Bogor 1 Maret 2020 sampai dengan 23 Mei 2021 disimpulkan bahwa secara global indeks Moran kasus positif dan suspek mengalami pola kluster (pengelompokan) yang sejalan dengan (Zakaria et al., 2021) dan (Obradović et al., 2022) . Hal ini dibuktikan dengan nilai indeks kasus positif = 0,432980 dan untuk suspek 0,280374. Hal ini diperkuat dengan nilai $p = 0,000000$ dan $0,000081$ dan nilai $z = 5,921352$ dan $3,942573$ (lihat tabel 4 dan gambar 5). Kesimpulan juga didasarkan pada kriteria terjadinya pola kluster seperti tabel 1 dengan nilai indeks $I > 0$ (indeks Moran lebih besar dari nol). Tabel kriteria 2 menjelaskan bahwa $z\text{-score} > 1,96$ dan $p\text{-value} < 0,05$ menunjukkan bahwa data COVID-19 Kota Bogor merupakan kluster bahkan dapat mencapai tingkat kepercayaan 99%. Kluster kasus positif dan suspek COVID-19 terjadi karena faktor jarak atau kedekatan geografis sebagaimana hukum pertama geografi (Tobler, 1970) dan sejalan dengan hasil penelitian

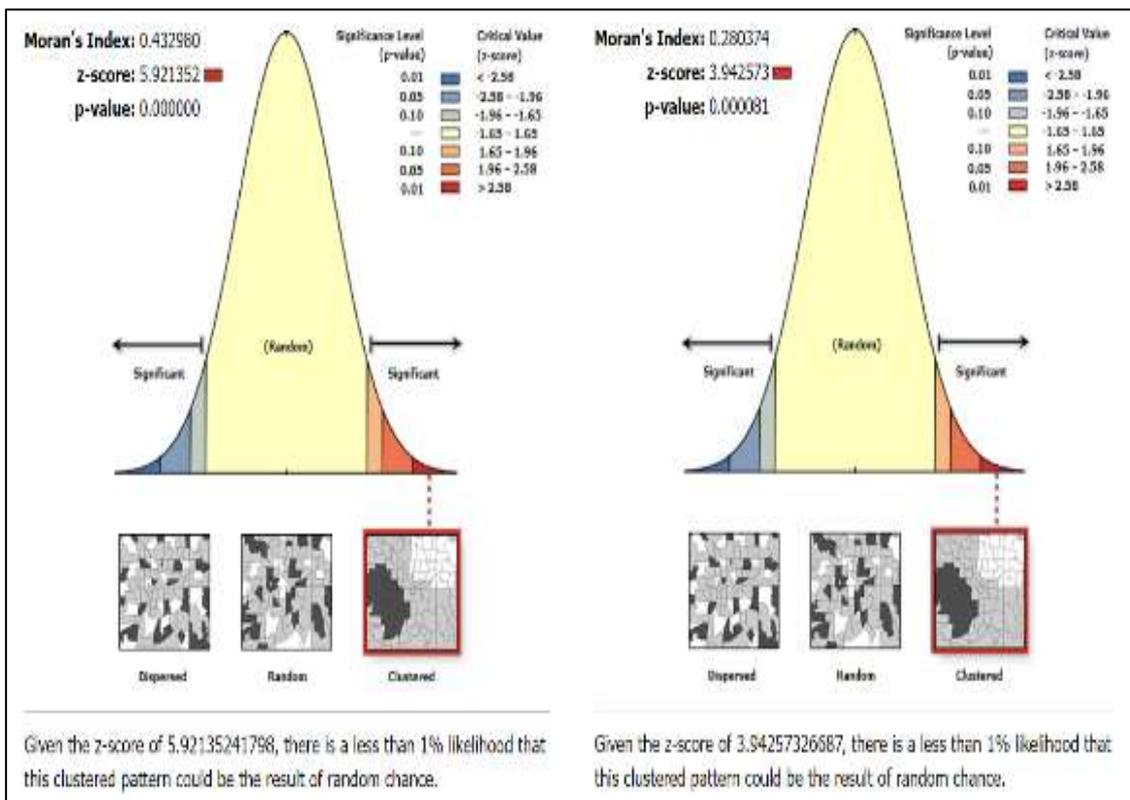
(Maknunah, 2021) dan (Hutabarat, 2022). Hanya saja indeks Moran kluster COVID-19 Kota Bogor ini adalah nilai kumulatif olahan dari data agregat kasus positif dan suspek selama periode pengambilan data.

Uji statistik meliputi uji hipotesis null (H_0) dan uji alternatif (H_1) untuk kasus positif COVID-19 ini telah dilakukan. Hasil pengujian hipotesis menunjukkan kriteria H_0 pada taraf signifikansi $\alpha=5\%$ ditolak jika $p\text{-value} < 0,05$ benar. Hal ini dibuktikan dengan nilai p hitung sebesar $0,000000$ yang lebih kecil dari $0,05$. Berdasarkan uji satu sisi distribusi normal pada $Z(0,5-\alpha/2)$, maka batas nilai kritisnya adalah $1,96$. Kriteria pengujiannya adalah jika $z\text{-hitung} >$ angka z batas kritis, maka kesimpulan pengujian ditolak. Hasil perhitungan $z\text{-score}$ adalah $5,921352$, maka penilaiannya adalah $5,921352 > 1,96$ sehingga dapat dikatakan H_0 ditolak. Kesimpulannya adalah pola kluster kasus positif dan suspek Covid19 memang terjadi di Kota Bogor sampai Mei 2021. Penjelasan di atas bahwa terjadi kluster diperkuat dengan kesimpulan yang dibuat oleh fungsi indeks global Moran pada alat statistika spasial dari ArcGIS Desktop 10.8 (Gambar 5).

Tabel 4. Indeks Global Moran Kasus COVID-19 Positif dan Suspek Kota Bogor

Moran Index Methods	Positive COVID-19	Suspected COVID-19
Distance Method	Contiguity Edge Corners	Contiguity Edge Corners
Conceptualization	Euclidean	Euclidean
Moran's Index	0,432980	0,280374
Expected Index	-0,014925	-0,014925
Variance	0,005722	0,005610
z-score	5,921352	3,942573
p-value	0,000000	0,000081

Sumber: Hasil Analisis Data, 2021



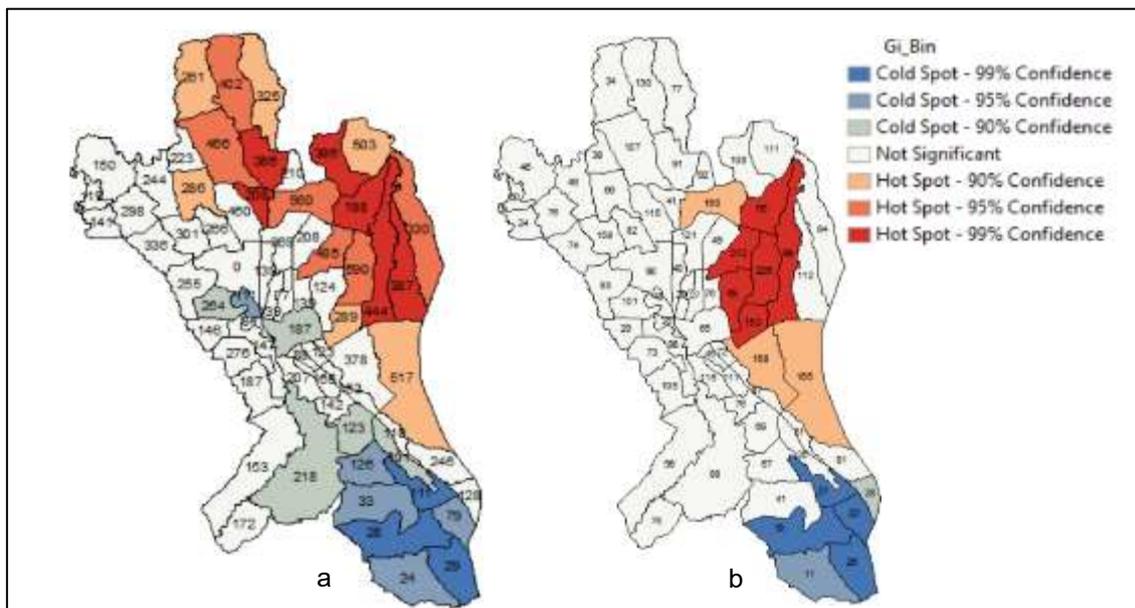
Gambar 5. Hasil Analisis Indeks Global Moran Menggunakan ArcGIS Desktop 10.8
 Sumber: Hasil Analisis Data, 2021

Analisis Titik Panas dan Titik Dingin

Analisis titik panas menggunakan persamaan Getis Ord G_i^* ditujukan untuk menentukan apakah terjadi kluster lokal kasus positif covid19 Kota Bogor. Hasil olahan terhadap data agregat aktual menunjukkan bahwa terjadi pengelompokan atau kluster lokal titik panas dan titik dingin di beberapa kelurahan dengan tidak memandang batas kecamatan. Ada dua tipe kluster yaitu kluster positif (warna kemerahan) dan kluster negatif (warna kebiruan). Kluster positif ini dikenal sebagai titik panas, sedangkan kluster negatif dikenal sebagai titik dingin (gambar 6). Selain dari kluster positif dan kluster negatif adalah daerah poligon kelurahan yang bernilai

autokorelasi spasial sama dengan nol sehingga masuk katagori tidak ada kluster. Tidak ada kluster berarti tidak ada perbedaan signifikan antara satu poligon dengan sebelah-sekitarnya.

Melihat dari peta analisis titik panas, maka dapat dikatakan bahwa kluster tidak mengenal perbedaan wilayah administrasi kecamatan. Artinya kluster dapat terjadi pada kelurahan yang bersebelahan-bertetangga secara langsung secara fisik yang boleh jadi wilayah kecamatannya berbeda. Tingkatan kluster titik panas dan titik dingin yang terbentuk dari hasil penerapan analisis dengan persamaan Getis Ord G_i^* adalah bervariasi mulai tingkat kepastian 90%, 95% dan bahkan ada yang sangat tinggi yaitu 99%.



Gambar 6. Hasil Analisis Titik Panas dan Titik Dingin Kasus COVID-19 Kota Bogor sampai Mei 2021 (a. Positif, b. Suspek). Sumber: Hasil Analisis Data, 2021

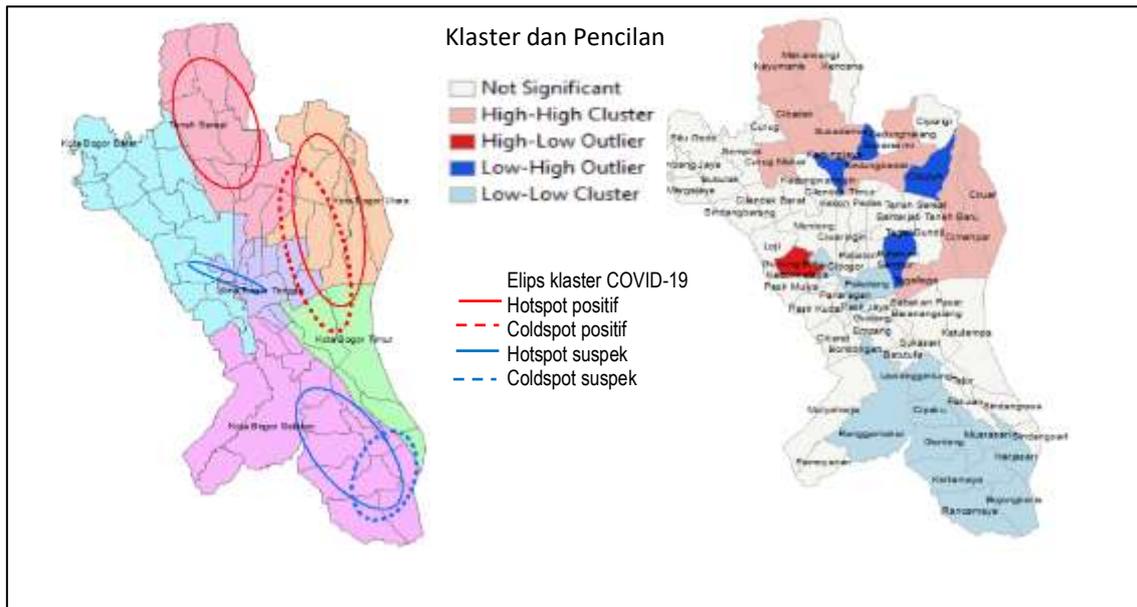
Analisis Kluster dan Pencilan

Nilai yang dihasilkan dari penerapan persamaan Anselin Local Moran's I dapat bernilai positif atau negatif. Nilai positif untuk indeks Anselin Local Moran I menunjukkan bahwa unsur wilayah/poligon memiliki fitur tetangga dengan nilai atribut yang sama tinggi atau nilai sama rendahnya. Nilai sama tinggi dan nilai sama rendah

dibanding nilai sekitar nya ini adalah fitur wilayah yang merupakan bagian dari sebuah kluster. Nilai negatif untuk indeks Anselin Local Moran I ini menunjukkan bahwa hasil analisis memiliki fitur tetangga dengan nilai yang berbeda. Fitur yang berbeda ini dikenal sebagai suatu wilayah pencilan (*outlier*). Kelurahan yang masuk katagori kluster dan pencilan (tabel 5 dan gambar 7).

Tabel 5. Hasil identifikasi dan pemetaan wilayah nilai kluster dan pencilan

Tipe Kluster / Pencilan	Wilayah/region kelurahan yang kecenderungan mempunyai kluster atau pencilan
HH	Kayumanis, Mekarwangi, Cibadak, Sukadamai, Kedungbadak di Kecamatan Tanah Sareal. Kedunghalang, Tanah Baru, Ciluar, Cimahpar di Kecamatan Bogor Utara, Tegalega di Kecamatan Bogor Tengah. Curug Mekar di Kecamatan Bogor Barat. ,
HL	Gunung Batu di Kecamatan Bogor Barat (atribut tinggi) dikelilingi oleh atribut rendah.
LH	Babakan (atribut rendah) di Kecamatan Bogor Tengah dikelilingi oleh atribut tinggi.
LL	Kebon kelapa di Kecamatan Bogor Barat. Paledang di Kecamatan Bogor Tengah. Rangka mekar, Lawanggintung, Genteng, Muarasari, Sindangsari, Harjasari, Kertamaya, Rancamaya dan Bojongkerta di Kecamatan Bogor Selatan.
Not Significant	Selain yang disebutkan di atas adalah termasuk tidak signifikan jika dikaitkan dengan atribut lainnya yaitu tersebar sebanyak 41 kelurahan dari berbagai kecamatan di Kota Bogor.



Gambar 7. Elips arah kasus positif dan suspek COVID-19 (kiri) dan pencilannya (kanan). Sumber: Hasil Analisis Data, 2021

Penyebaran COVID-19

Kluster kasus positif dan suspek COVID-19 dari hasil pemetaan titik panas dan titik dingin selanjutnya dapat ditentukan arah atau kecenderungannya. Arah kecenderungan ini dapat dihasilkan dengan fungsi standar deviasi elips pada tool statistika spasial perangkat lunak ArcGIS Desktop 10.8. Pada gambar 7 (kiri) merupakan hasil analisis beberapa wilayah kelurahan Kota Bogor dimana arah kecenderungan antara lain: titik panas positif dan titik dingin positif COVID-19 serta titik panas dan titik dingin suspek COVID-19. Arah kecenderungan (gambar elips) dan kemiringan sumbu elips ini dapat dipakai sebagai indikasi bahaya atau siap-siaga untuk mitigasi bencana bagi wilayah kelurahan yang terdekat selain poligon kelurahan dari titik panas. Arah kecenderungan ini akan mempermudah bagi pemerintahan lokal untuk upaya antisipasi dan juga upaya pencegahan penyebaran COVID-

19. Arah kecenderungan penyebaran ini lebih jelas dan menunjukkan kelurahan mana yang perlu mitigasi bencana penyebaran COVID-19 Kota Bogor. Sementara penelitian sebelumnya (Ghazali et al., 2021) hanya mengungkap bahwa pemetaan kluster lokal sebagai indikator penanganan COVID-19.

4. Penutup

Keunggulan dari penelitian ini adalah bahwa sebaran kasus positif dan suspek Covid19 Kota Bogor menggunakan indek global Moran dapat teridentifikasi pola spasial adalah mengelompok. Sementara analisis titik panas pada kasus kluster COVID-19 berdasarkan data per kelurahan mengindikasikan bahwa terjadi kluster lokal yang penyebarannya melalui kelurahan terdekat. Analisis kluster dan penculan menunjukkan bahwa terdapat 11 kluster kelurahan dengan nilai sama tinggi (*high-high*), 11 kluster kelurahan

dengan nilai sama rendah (*low-low*), 1 pencilan (*high-low*), 4 pencilan (*low-high*).

Penelitian ini dapat menunjukkan kecenderungan dan arah penyebaran penyakit pada kasus tingginya korban akibat pandemi COVID-19 Kota Bogor sehingga dapat dipakai sebagai acuan informasi penting dalam mitigasi bencana. Hal ini mengingat bahwa Kota Bogor merupakan salah satu kota terpadat dengan rata-rata 89 jiwa/ha (BPS, 2021) sangat rentan wabah COVID-19. Idealnya data kasus positif dan suspek COVID-19 dipilah untuk setiap periode harian, mingguan atau bulanan. Keterbatasan atau kelemahan penelitian ini adalah hanya menggunakan data agregat saja sehingga hanya menganalisis kumulatif sebagaimana periode pengumpulan data. Peluang penelitian lanjutan adalah pemilahan data COVID-19 setiap periode waktu tertentu yang sangat bermanfaat untuk analisis pola penyebarannya baik secara spasial dan juga temporal.

Ucapan Terima kasih

Kajian ini menggunakan data-data Dinas Kesehatan Kota Bogor periode 1 Maret 2020 – 23 Mei 2021. Untuk itu penulis ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Kepala Dinas Kesehatan Kota Bogor beserta jajarannya.

Daftar Pustaka

Anselin, L. (2009). *ERDC / CERL CR-09-1 Approaches Towards the Identification of Patterns in Violent Events , Baghdad , Iraq Construction Engineering*. May.
BPS. (2021). *Badan Pusat Statistik Kota Bogor 2021*.

- De Oliveira, G. L. A., Lima, L., Silva, I., Ribeiro-Dantas, M. D. C., Monteiro, K. H., & Endo, P. T. (2021). Evaluating social distancing measures and their association with the COVID-19 pandemic in South America. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/ijgi10030121>
- Dinas, K. (2021). *Dinas Kesehatan Kota Bogor*. <https://dinkes.kotabogor.go.id/>
- ESRI. (2018). *Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I)*. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.5/tools/spatial-statistics-toolbox/cluster-and-outlier-analysis-anselin-local-moran-s.htm>
- Ghazali, M. F., Tridawati, A., Sugandi, M., Anesta, A. F., & Wikantika, K. (2021). Spatial Analysis to Mitigate the Spread of COVID-19 Based on Regional Demographic Characteristics. *Forum Geografi*, 35(1), 57–73. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v35i1.12325>
- Heyne & Fhoteringham. (2020). The Web Book of Regional Science Sponsored by Regional Input-Output Analysis By Series Editor : *Web Book of Regional Science 2020, 1965*, 65.
- Hutabarat, A. N. (2022). Spasial Autocorrelation Analysis On Coronavirus Transmission In East Java 2020. *Jurnal Sosial Sains*, 2(1), 69–76. <https://doi.org/10.36418/SOSAINS.V2I1.313>
- Kim, B., Rundle, A. G., Goodwin, A. T. S., Morrison, C. N., Branas, C. C., El-Sadr, W., & Duncan, D. T. (2021). COVID-19 testing, case, and death rates and spatial socio-demographics in New York City: An ecological analysis as of June 2020. *Health and Place*,

- 68(February), 102539.
<https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102539>
- Leung, N. H. L. (2021). Transmissibility and transmission of respiratory viruses. *Nature Reviews Microbiology*, 19(8), 528–545.
<https://doi.org/10.1038/s41579-021-00535-6>
- Maknurah, D. (2021). *Model regresi spasial pada penyebaran COVID-19 di Jawa Timur dengan pemeriksaan autokorelasi spasial melalui uji indeks Moran* *Etheses of Maulana Malik Ibrahim State Islamic University*.
<http://etheses.uin-malang.ac.id/32635/>
- Novitasari, D., & Khikmah, L. (2019). Penerapan Model Regresi Spasial Pada Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Di Jawa Tengah Tahun 2017. *Statistika Journal of Theoretical Statistics and Its Applications*, 19(2), 123–134.
<https://doi.org/10.29313/jstat.v19i2.5068>
- Obradović, S. L., Rabiei-Dastjerdi, H., & Matović, S. (2022). A population-based spatio-temporal analysis of the early COVID-19 dynamic in Serbia. *Stanovnistvo*, 60(1), 1–17.
<https://doi.org/10.2298/STNV2201001L>
- Ord, J. K., & Getis, A. (1995). Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geographical Analysis*, 27(4), 286–306.
<https://doi.org/10.1111/J.1538-4632.1995.TB00912.X>
- Sheila, A. ., Djuraidah, A., & Soleh, A. . (2014). *Monograph Penerapan dan Pengembangan Regresi Spasial dengan Studi Kasus pada ... - Anik Djuraidah - Google Books*.
https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=KDg1EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA89&dq=ketergantungan+spasial+moran+kesehatan&ots=8Sd2BsJo0Q&sig=xmBDsulcDadAR_AgOdah3QmiKGM&redir_esc=y#v=onepage&q=ketergantungan+spasial+moran+kesehatan&f=false
- Tobler, W. R. (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 46, 234.
<https://doi.org/10.2307/143141>
- Zakaria, S., Zaini, N. E., Malik, S. M. A., & Alwi, W. S. W. (2021). *View of Exploratory Spatial Data Analysis (Esda) On COVID-19 Cases In Malaysia.pdf* (p. 12). Faculty of Ocean Engineering Technolog and Informatics University Malaysia Terengganu.