

Sebaran Spasial Total Bakteri *Coliform* di Sungai DKI Jakarta Tahun 2022

Salwa Salsabila *, Dwi Agustin Nuriani Sirodj

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Islam Bandung, Indonesia.

salwasalsabila764@gmail.com, dwi.agustinnuriani@unisba.ac.id

Abstract. Spatial statistics is a branch of statistics that studies data based on geographic location. Geostatistics is a spatial statistical approach used to analyze data that is continuously distributed in space, such as river water pollution. This study aims to identify whether the distribution of Total *Coliform* Bacteria in rivers in DKI Jakarta in 2022 shows a dominant distribution direction (anisotropy) or is evenly distributed in all directions (isotropy). The analysis was conducted using isotropic and anisotropic *Semivariogram*s based on water quality measurement data from the Dinas Lingkungan DKI Jakarta. The analysis results show that the *Nugget*, *Sill*, and *Range* values from the *Semivariogram* model have the same value in all directions, and no dominant distribution direction was found. This indicates that the data is isotropic, with an even distribution pattern of bacteria in all directions. These findings imply that river water quality management and control in DKI Jakarta needs to be carried out comprehensively at various points, without focusing on one direction or specific area.

Keywords: *Anisotropy, Isotropy, Semivariogram.*

Abstrak. Statistika spasial adalah cabang ilmu statistika yang mempelajari data berdasarkan lokasi geografis. Geostatistik merupakan salah satu pendekatan statistika spasial yang digunakan untuk menganalisis data yang tersebar kontinu di ruang, seperti pencemaran air sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi apakah sebaran Total Bakteri *Coliform* di sungai-sungai DKI Jakarta tahun 2022 menunjukkan arah penyebaran dominan (anisotropi) atau merata ke segala arah (isotropi). Analisis dilakukan dengan menggunakan *Semivariogram* isotropik dan anisotropik berdasarkan data pengukuran kualitas air dari Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *Nugget*, *Sill*, dan *Range* dari model *Semivariogram* memiliki nilai yang sama di semua arah, serta tidak ditemukan arah penyebaran dominan. Hal ini menandakan bahwa data bersifat isotropik, dengan pola penyebaran bakteri yang merata ke segala arah. Hal ini dapat berarti pengelolaan dan pengendalian kualitas air sungai di DKI Jakarta perlu dilakukan secara menyeluruh di berbagai titik, tanpa fokus pada satu arah atau wilayah tertentu saja.

Kata Kunci: *Anisotropi, Isotropi, Semivariogram.*

A. Pendahuluan

Statistika spasial merupakan cabang ilmu statistika yang dapat mempelajari data yang berkaitan dengan geografis (Cressie, 1993). Dalam statistika spasial, lokasi merupakan hal yang sangat penting dikarenakan data yang memiliki kedekatan secara geografis seringkali memiliki kemiripan. Hal ini dapat berarti bahwa suatu data dapat dipengaruhi oleh lokasi-lokasi di sekitarnya. Statistika spasial sendiri memiliki beberapa bagian, salah satunya adalah geostatistik. Geostatistik dapat digunakan untuk menganalisis dan memetakan data yang nilainya bervariasi secara terus menerus di dalam ruang, seperti sifat tanah dan polusi (Webster & Oliver, 2008). Pada penerapan geostatistik, salah satu metode yang dapat digunakan untuk melihat seberapa besar pengaruh jarak antar lokasi terhadap nilai data adalah *Semivariogram* (Cressie, 1993). *Semivariogram* dapat menunjukkan apakah lokasi yang berbeda memiliki nilai yang serupa. *Semivariogram* memiliki dua jenis pendekatan, yaitu *Semivariogram* isotropik dan anisotropik. *Semivariogram* isotropik menganggap bahwa penyebaran data sama ke segala arah, sebaliknya *Semivariogram* anisotropik mempertimbangkan bahwa pola penyebaran data bisa berbeda tergantung arah tertentu. Sebagai contoh, pencemaran air sungai dapat menyebar lebih jauh ke arah hilir dibandingkan dengan arah samping. Oleh karena itu, pemeriksaan *Semivariogram* isotropik atau anisotropik perlu dilakukan untuk memahami pola penyebaran spasial data lebih akurat. *Semivariogram* dapat terbagi menjadi dua yaitu *Semivariogram* eksperimental yang dapat berupa grafik yang akan dicocokkan dengan model *Semivariogram* teoritis seperti model spherical, eksponensial, dan gaussian.

(Ramadhan et al., 2019) telah melakukan penelitian tentang pengamatan kecepatan vertikal di Kalimantan menggunakan analisis anisotropi untuk melihat penyebaran asap akibat kebakaran hutan. Berdasarkan penelitian ini terlihat bahwasannya pola kecepatan angin dominan cenderung berbentuk oval dari Utara ke Selatan. Oleh karena itu, arah tersebut menjadi prioritas utama dalam penempatan titik pengamatan untuk mendeteksi dan memantau penyebaran asap secara efektif. Selain itu, (Sonda et al., 2022) melakukan penelitian tentang pemodelan spasial produksi ikan pada industri budidaya perikanan di Kota Cilegon. Penelitian ini menunjukkan bahwa produksi ikan antar kecamatan memiliki struktur *Semivariogram* isotropik, yang berarti penyebaran produksi ikan antar kecamatan memiliki pola yang relatif seragam ke segala arah.

Pencemaran air sungai di wilayah perkotaan adalah salah satu permasalahan lingkungan yang perlu mendapatkan perhatian khusus, terutama di wilayah padat penduduk seperti DKI Jakarta. Menurut (Pratiwi et al., 2019) salah satu parameter yang dapat dijadikan bahan penilaian kualitas air sungai adalah keberadaan bakteri patogen, khususnya Bakteri *Coliform*. Bakteri *Coliform* dapat menjadi indikator utama pada pencemaran air sungai di DKI Jakarta hal ini sesuai dengan hasil pengukuran kualitas air sungai di DKI Jakarta yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta karena rata-rata konsentrasi Bakteri *Coliform* yang menunjukkan angka 16,27 per satuan volume air. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui bagaimana pola penyebaran bakteri ini pada sungai di DKI Jakarta, apakah sebarannya merata atau memiliki kecenderungan arah tertentu dalam penyebarannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi apakah sebaran Total Bakteri *Coliform* di sungai-sungai DKI Jakarta tahun 2022 menunjukkan arah penyebaran dominan atau merata. Hal ini akan dilakukan dengan menggunakan analisis *Semivariogram* isotropi dan anisotropi. Pemeriksaan ini penting untuk mengetahui apakah penyebaran bakteri lebih kuat ke arah tertentu atau tidak. Dengan mengetahui pola spasial penyebaran Total Bakteri *Coliform*, diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan dan pengendalian kualitas air yang lebih efektif dan tepat sasaran di wilayah DKI Jakarta.

B. Metode

Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang di peroleh dari *website* Satu Data Jakarta tentang Kualitas Air Sungai di Provinsi DKI Jakarta tahun 2022. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah Total Bakteri *Coliform*. Data tersebut terdiri dari 120 titik sungai di DKI Jakarta. Adapun software yang digunakan untuk membantu penelitian ini adalah *software Rstudio* dan berikut merupakan data yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1. Data Penelitian

Bujur	Lintang	Nama Sungai	Total Bakteri <i>Coliform</i> (MPN/100 ml) *
106,883	-6,370	Cipinang	0,900
106,860	-6,354	Kalibaru Timur	0,350
106,838	-6,347	Ciliwung	0,090
106,917	-6,345	Sunter	0,090
106,829	-6,338	Kalibata Barat	0,350
⋮	⋮	⋮	⋮
106,929	-6,184	Cakung	35,000
106,852	-6,165	Kalibata Timur	9,000
106,811	-6,161	Cideng	50,000
106,897	-6,243	Tarum Barat	50,000
106,783	-6,185	Sekretaris	0,009

*dalam juta

Data Spasial

Menurut (Cressie, 1993) data spasial merupakan data yang memiliki komponen geografis atau lokasi tertentu dalam ruang. Data ini dapat berupa data kontinu atau diskrit, yang disajikan baik dalam bentuk agregasi spasial maupun pengamatan pada titik-titik tertentu. Lokasi spasial dapat berupa titik yang beraturan atau tidak teratur, serta bisa berasal dari suatu kontinuitas spasial atau himpunan diskrit.

Stasioneritas

Menurut (Suprajitno, 2005) suatu data spasial dapat dikatakan stasioner apabila data menunjukkan pola yang acak dan tidak memiliki *trend*. Namun, jika terdapat *trend* atau pola tertentu pada data maka dapat disimpulkan bahwa data tidak stasioner. Pemeriksaan stasioneritas dapat dilakukan dengan memplotkan nilai data terhadap titik koordinatnya. Kemudian, untuk melihat adanya *trend* atau pola tertentu, dapat dilihat berdasarkan gradasi warna dari besaran nilai data. Pola yang tersebar acak di seluruh area dan tidak ada *trend* dapat menunjukkan bahwa data memenuhi stasioneritas spasial. Sebaliknya, jika terdapat *trend* atau terdapat pola tertentu maka data tidak memenuhi stasioneritas spasial.

Semivariogram

Menurut (Isaaks & Srivastava, 1989) alat geostatistik yang digunakan untuk mengukur efek spasial yang dipengaruhi oleh jarak adalah *Semivariogram*. Sebuah *Semivariogram* dapat digunakan untuk mengukur korelasi spasial dengan menggambarkan variansi perbedaan nilai pengamatan antar lokasi. *Semivariogram* merupakan setengah dari fungsi *variogram* (Nur Rohma, 2022). *Semivariogram* terbagi menjadi dua yaitu *Semivariogram* eksperimental dan *Semivariogram* teoritis. *Semivariogram* eksperimental merupakan *Semivariogram* yang akan berupa grafik yang berasal dari nilai *Semivariogram* pada data dan akan di cocokan dengan model yang ada pada *Semivariogram* teoritis.

Semivariogram Eksperimental

Menurut (Gaetan, 1984) *Semivariogram* eksperimental merupakan *Semivariogram* yang dihitung dari data pengukuran dan kemudian diplotkan sebagai fungsi dari jarak. Misalkan $Z(s_i)$ merupakan nilai pengukuran di lokasi i dan $s_i = (x_i, y_i)$ merupakan vektor yang mengandung koordinat spasial x, y . $h = s_1 - s_2$ merupakan vektor jarak antara titik s_1 dengan s_2 . Berikut ini merupakan rumus *Semivariogram* eksperimental:

$$\gamma_{i,(i+h)} = 0,5 [Z(s_{i+h}) - Z(s_i)]^2 \quad \dots (1)$$

$Z(s_i)$ merupakan nilai pengamatan titik lokasi ke- i dan $Z(s_{i+h})$ merupakan nilai pengamatan titik Lokasi lain yang memiliki jarak h dari titik ke- i . Setiap jarak yang memungkinkan $\{(s_1, s_2); i, (s_{i+h}) = 1, 2, 3, \dots, n\}$, *Semivariogram* tersebut dapat diplotkan sebagai fungsi jarak yang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$|h| = |s_1 - s_2| = \left[(x_i - x_{(s_{i+h})})^2 + (y_i - y_{(s_{i+h})})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots (2)$$

Nilai x_i dan y_i merupakan koordinat titik s_i , sedangkan $x_{(s_{i+h})}$ dan $y_{(s_{i+h})}$ merupakan koordinat titik lain yang berjarak h dari titik ke- i .

Proses perhitungan ini biasanya melibatkan ratusan hingga ribuan titik data sehingga cukup kompleks untuk dilakukan. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan *binning* atau $\gamma_{i,(i+h)}$ dapat dikelompokkan berdasarkan jarak h .

Berikut ini merupakan rumus *Semivariogram eksperimental* pada jarak h :

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2|N(h)|} \sum_{i=1}^{N(h)} [(Z(s_{i+h}) - Z(s_i))^2] \quad \dots (3)$$

Dalam rumus ini, $Z(s_i)$ merupakan nilai variabel pada lokasi ke- i dan $Z(s_{i+h})$ merupakan nilai variabel pada lokasi lain yang berjarak h dari titik ke- i . Notasi $N(h)$ menunjukkan jumlah pasangan titik yang berjarak h , sedangkan $|N(h)|$ merupakan banyaknya pasangan tersebut.

Semivariogram Teoritis

Semivariogram eksperimental sering menghasilkan hasil yang sulit untuk diinterpretasikan dan tidak bisa langsung digunakan. Oleh karena itu, diperlukan pembuatan *Semivariogram* teoritis serta proses pencocokan dengan *Semivariogram* eksperimental. Proses Pencocokan ini bertujuan untuk mendapatkan pola kovarians yang lebih halus dan kontinu, sehingga dapat dimanfaatkan dalam penyusunan matriks kovarians dalam perhitungan (Bailey & Gatrell, 1995).

Berikut adalah beberapa istilah yang digunakan untuk menjelaskan model *Semivariogram* (Cressie, 1993): Nugget Effect (C_0) merupakan *Semivariogram* ada titik awal secara teori bernilai nol (Isaaks & Srivastava, 1998). Namun, jika nilainya berada pada jarak mendekati nol maka disebut dengan Nugget Effect. Sill adalah nilai tertinggi pada *Semivariogram*. Sill dapat terjadi ketika tidak ada lagi peningkatan yang signifikan. Sill terdiri dari dua komponen, yaitu Nugget effect dan partial Sill. Partial Sill diperoleh dengan mengurangi Nugget effect dari Sill. Range merupakan jarak dimana *Semivariogram* mencapai nilai Sill atau saat semivarians tidak bertambah lagi.

Terdapat berbagai jenis model *Semivariogram* teoritis, seperti model *spherical*, *eksponential*, *gaussian*.

1. Model *Spherical*

Model *spherical* merupakan model *Semivariogram* teoritis yang menggunakan ekspresi polinomial sederhana. Model ini dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C \left(1,5 \left(\frac{h}{A} \right) - 0,5 \left(\frac{h}{A} \right)^3 \right) & \text{untuk } 0 < h \leq A \\ C_0 + C & h > A \end{cases} \quad \dots (4)$$

2. *Exponential*

Pada model *exponential*, nilai *Semivariogram* meningkat dengan sangat tajam. Peningkatan pada model *exponential* lebih cepat dibandingkan dengan model *spherical*. Berikut merupakan persamaan model *exponential*:

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - \exp \left(-\frac{h}{A} \right) \right] \quad \dots (5)$$

3. *Gaussian*

Model *Gaussian* adalah bentuk kuadrat dari model *Eksponential*. Model ini dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - \exp \left(-\frac{h^2}{A} \right) \right] \quad \dots (6)$$

Berdasarkan Persamaan 4, Persamaan 5, Persamaan 6 diatas diketahui bahwasanya $\gamma(h)$ merupakan nilai *semivariogram* pada jarak h , C_0 merupakan *nugget effect* yang dapat menunjukan variabilitas pada jarak sangat kecil, C merupakan nilai partisial *Sill* atau peningkatan nilai varians yang diakibatkan oleh korelasi spasial sedangkan, nilai A merupakan nilai range atau jarak Dimana autokorelasi spasial berhenti dan semivariogram telah mencapai nilai konstan.

Semivariogram Isotropi dan Anisotropi

Menurut (Zimmerman, 1993) *Semivariogram* yang dapat memodelkan fungsi jarak yang mempertimbangkan arah, disebut dengan *Semivariogram* anisotropi. Dalam menentukan adanya efek anisotropi dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu menghitung *Semivariogram* dari berbagai arah lalu lihat nilai *Sill*, *Range* dan *Nugget* apakah sama nilainya atau tidak di arah yang berbeda. Jika nilai *Range* berbeda, namun nilai *Sill* dan *Nugget* sama pada *Semivariogram* dengan arah yang berbeda maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki anisotropi geometri. Namun, jika nilai *Range* sama dengan nilai *Sill* dan *Nugget* berbeda dari *Semivariogram* pada arah yang berbeda maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki anisotropi zona. Lalu, jika nilai *Range*, *Sill*, dan *Nugget* sama dari *Semivariogram* pada arah yang berbeda maka dapat disimpulkan bahwa data tidak mengandung efek anisotropi tapi isotropi. Isotropi merupakan *Semivariogram* yang dapat memodelkan fungsi jarak tanpa mempertimbangkan arah. Selain itu, penentuan adanya efek anisotropi dan isotropi juga dapat dilihat melalui *Variogram Map* (Vmap). Dimana, *Variogram Map* ini merupakan visualisasi dari nilai *Semivariogram* yang diplotkan pada posisi relatif vektor (d_x, d_y) . Titik-titik warna pada VMap dapat menunjukan nilai besaran semivarian antara dua titik pada posisi relatif. Jika sebaran semivarian berbentuk lingkaran dan tidak dominan pada arah tertentu dapat disimpulkan data tidak memiliki efek anisotropi tapi isotropi. Namun, jika sebaran semivarian berbentuk memanjang ke satu arah tertentu maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki efek anisotropi.

Dalam *Semivariogram* anisotropi perhitungan jarak h akan dihitung dengan menggunakan Persamaan 7 sebagai berikut.

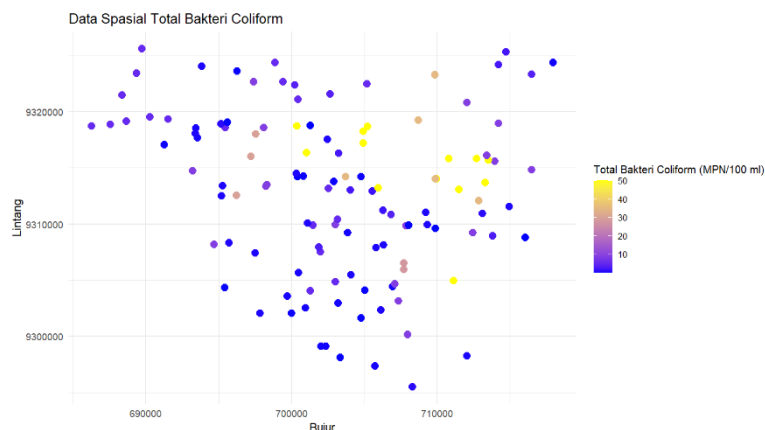
$$|h^*| = \sqrt{\left(\frac{\cos(\varphi)h_x + \sin(\varphi)h_y}{B}\right)^2 + \left(\frac{\cos(\varphi)h_x - \sin(\varphi)h_y}{A}\right)^2} \quad \dots (7)$$

Pada persamaan ini nilai h_x dan h_y merupakan komponen vector lag h pada sumbu x dan y , sedangkan φ merupakan sudut rotasi anisotropi, yaitu arah utama kontinuitas spasial. Parameter A dan B merupakan rasio skala antara arah mayor dan minor, dimana A merupakan nilai sumbu utama dan B merupakan nilai sumbu minor.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengujian Stasioneritas

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menguji apakah asumsi stasioneritas terpenuhi. Asumsi stasioneritas terpenuhi jika data menyebar acak dan tidak mengandung trend. Berikut merupakan plot stasioneritas data Total Bakteri *Coliform*.

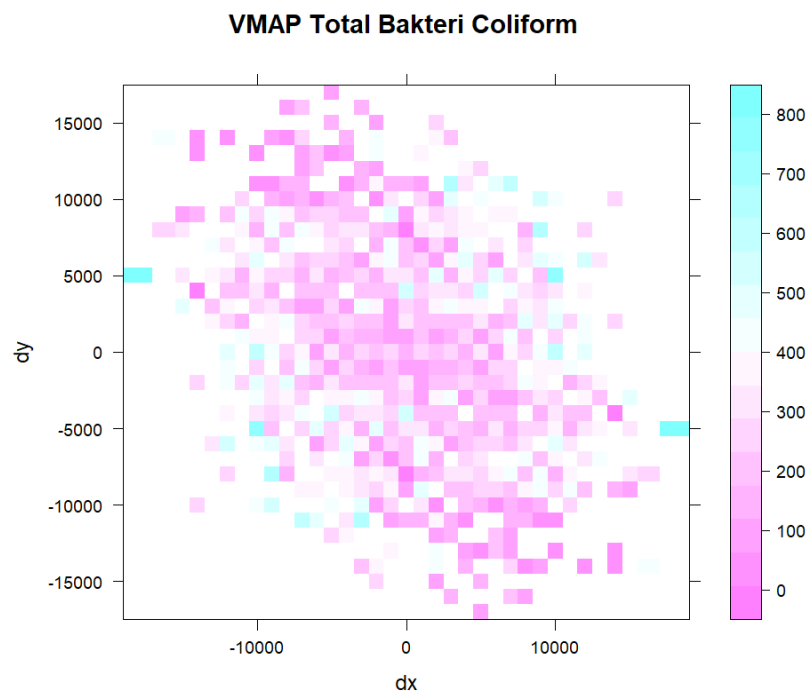


Gambar 1. Plot Stasioneritas Total Bakteri *Coliform*

Berdasarkan Gambar 1 di atas dapat dilihat bahwa pola sebaran warna pada data Total Bakteri *Coliform* tersebar acak dan tidak membentuk suatu pola tertentu. Hal ini dapat menandakan bahwa data tersebut memenuhi asumsi stasioneritas.

Pemeriksaan *Semivariogram* Isotropi dan Anisotropi

Langkah selanjutnya adalah melakukan pemeriksaan *Semivariogram* isotropi dan anisotropi. Pemeriksaan ini digunakan untuk melihat apakah terdapat arah dominan dalam penyebaran spasial variabel yang dianalisis atau sebarannya merata. Untuk mendeteksi adanya isotropi atau anisotropi, maka dapat melihat *Variogram Map*. Dimana Jika sebaran semivarian berbentuk lingkaran dan tidak dominan pada arah tertentu dapat disimpulkan data memiliki efek isotropi. Namun, jika sebaran semivarian berbentuk memanjang ke satu arah tertentu maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki efek anisotropi. *Variogram Map* untuk variabel Total Bakteri *Coliform* dapat dilihat pada Gambar 2. Selain itu, pengecekan adanya efek isotropi atau anisotropi dapat dilihat dari nilai *Sill*, *Range* dan *Nugget*. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. VMAP Total Bakteri *Coliform*

Tabel 2. Pemeriksaan Anisotropi dan Isotropi

<i>Spherical</i>				
	0°	45°	90°	135°
<i>Range</i>	1169,160	1169,160	1169,160	1169,160
<i>Sill</i>	303,978	303,978	303,978	303,978
<i>Nugget</i>	155,2833	155,2833	155,2833	155,2833
<i>Ekspontential</i>				
	0°	45°	90°	135°
<i>Range</i>	11359,07	11359,07	11359,07	11359,07
<i>Sill</i>	397,858	397,858	397,858	397,858
<i>Nugget</i>	242,9877	242,9877	242,9877	242,9877
<i>Gaussian</i>				
	0°	45°	90°	135°
<i>Range</i>	5523,236	5523,236	5523,236	5523,236
<i>Sill</i>	308,915	308,915	308,915	308,915

<i>Nugget</i>	141,8023	141,8023	141,8023	141,8023
---------------	----------	----------	----------	----------

Pada Gambar 2 terlihat bahwasannya sebaran semivarians berbentuk lingkaran dan tidak ada arah dominan pada nilai semivarians variabel Total Bakteri *Coliform* sehingga dapat disimpulkan bahwa sebaran variabel Total Bakteri *Coliform* memiliki efek isotropi. Lalu pada Tabel 2 terlihat pula bahwasannya variabel Total Bakteri *Coliform* memiliki nilai *Sill*, *Range* dan *Nugget* yang sama untuk semua arah. Hal ini dapat menandakan bahwa data bersifat isotropi. Karena data variabel Total Bakteri *Coliform* bersifat isotropi maka sebaran Total Bakteri *Coliform* tidak memiliki kecenderungan arah tertentu dalam penyebarannya di sungai-sungai yang berada di DKI Jakarta.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan bahwasannya pola penyebaran Total Bakteri *Coliform* tidak memiliki kecenderungan arah tertentu dalam penyebarannya di sungai-sungai DKI Jakarta atau variabel bersifat isotropi bukan anisotropi. Dengan demikian, pengelolaan dan pengendalian kualitas air sungai tidak perlu difokuskan pada satu arah aliran sungai atau wilayah tertentu, melainkan harus dilakukan secara menyeluruh dan merata di berbagai titik pengamatan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan artikel ini, sehingga artikel ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Daftar Pustaka

- Bailey, T. C., & Gatrell, A. C. (1995). Interactive spatial data analysis. *Interactive Spatial Data Analysis*. <https://doi.org/10.2307/2265559>
- Cressie, N. (1993). Statistics for Spatial Data. In *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)* (Vol. 156, Issue 1). <https://doi.org/10.2307/2982871>
- Gaetan, C. (1984). Spatial Statistics and Models. In *Spatial Statistics and Models*. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-3048-8>
- Isaaks, E. H., & Srivastava, R. M. (1989). *Applied geostatistics*.
- Nur Rohma, N. (2022). Pendugaan Metode Ordinary Kriging. *Jurnal Penelitian Ilmu Sosial Dan Eksakta*, 2(1), 21–29. <https://doi.org/10.47134/trilogi.v2i1.33>
- Pratiwi, A. D., Widyorini, N., & Rahman, A. (2019). Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Total Bakteri *Coliform* Di Sungai Plumbon, Semarang. *Journal of Maquares*, 8(3), 211–220.
- Putri, H. J., & Ramdani, Y. (2024). Prediksi Hujan Rencana Tahunan Di Stasiun Palolo, Sulawesi Tengah menggunakan Metode Gumbel, Log Normal, Dan Log Pearson III. *DataMath: Journal of Statistics and Mathematics*, 2(1), 17–24.
- Ramadhan, M. G., Putri, A. S., Kurniawan, A., & Irawan, A. M. (2019). Prioritas Arah Penempatan Titik Pengamatan Kecepatan Vertikal Di Kalimantan Menggunakan Analisis Anisotropi. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 5(3), 63–71. <https://doi.org/10.36754/jmkg.v5i3.76>

- Sonda, A., Arina, F., Mariawati, A. S., Ridwan, A., & Trenggonowati, D. L. (2022). Pemodelan Spasial Produksi Ikan Pada Industri Budidaya Perikanan Di Kota Cilegon. *Jambura Journal of Probability and Statistics*, 3(2), 151–160. <https://doi.org/10.34312/jjps.v3i2.16753>
- Suprajitno, M. (2005). Pengantar Geostatistik. *Jakarta: Universitas Indonesia*.
- Webster, R., & Oliver, M. A. (2008). Geostatistics for Environmental Scientists: Second Edition. In *Geostatistics for Environmental Scientists: Second Edition*. <https://doi.org/10.1002/9780470517277>
- Wildan, & Karyana, Y. (2021). Evaluasi Kesalahan Proyeksi Penduduk Tahun 2020 untuk Memproyeksikan Penduduk Tahun 2025 Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Riset Statistika*, 1(2), 92–98. <https://doi.org/10.29313/jrs.v1i2.407>
- Zakiyatis Salmaini, & Suliadi. (2021). SPC (Statistical Process Control) Fase II Diagram Kendali Cusum (Cumulative Sum) Nonparametrik Berdasarkan Statistik Mann-Whitney Pada Data Harga Saham PT NO. *Jurnal Riset Statistika*, 1(2), 83–91. <https://doi.org/10.29313/jrs.v1i2.404>
- Zimmerman, D. L. (1993). Another look at anisotropy in geostatistics. *Mathematical Geology*, 25(4), 453–470. <https://doi.org/10.1007/BF00894779>