

Penerapan Metode Ordinary Kriging untuk Estimasi Kandungan Merkuri di Sungai-Sungai Wilayah DKI Jakarta

Mufdhil Afta Zhahirulhaq *, Dwi Agustin Nuriani

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

mufdhilafta99@gmail.com, dwi.agustinnuriani@unisba.ac.id

Abstract. Mercury (Hg) contamination in the rivers of DKI Jakarta is a serious concern, especially considering that a portion of the population still relies on river water for daily activities. This study aims to estimate mercury concentrations at unsampled locations using the Ordinary Kriging spatial interpolation method. This method was chosen because it produces linear, unbiased estimates with minimum variance (Best Linear Unbiased Estimator/BLUE) and takes into account the spatial structure of the data. The data used were secondary data on river water quality from 23 rivers in DKI Jakarta in 2022. The analysis began with testing the first-order stationarity assumption, constructing the experimental semivariogram, fitting theoretical semivariogram models, and performing cross-validation using the Leave One Out Cross Validation (LOOCV) method to determine the best model. The results showed that the Spherical semivariogram model produced the lowest RMSE value of 0.001332119, making it the most suitable model for this study. The estimation results at unsampled points indicate that all locations exceed the maximum permissible mercury concentration of 0.001 mg/L, with the highest value reaching 0.003451497 mg/L. These findings indicate that all estimated points are considered contaminated and pose potential health risks if the river water is used untreated. Therefore, this research is expected to serve as a scientific basis for local government policy in monitoring and mitigating mercury pollution in the rivers of DKI Jakarta.

Keywords: *Mercury, Ordinary Kriging, Spatial Interpolation.*

Abstrak. Pencemaran merkuri (Hg) di sungai-sungai wilayah DKI Jakarta menjadi perhatian serius mengingat sebagian masyarakat masih memanfaatkan air sungai untuk keperluan sehari-hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi kandungan merkuri pada titik-titik yang tidak tersampel menggunakan metode interpolasi spasial *Ordinary Kriging*. Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan estimasi yang linier, tidak bias, dan memiliki variansi minimal (*Best Linear Unbiased Estimator/BLUE*), serta mempertimbangkan struktur spasial dari data. Data yang digunakan berupa data sekunder kualitas air sungai dari 23 sungai di DKI Jakarta tahun 2022. Proses analisis diawali dengan uji asumsi stasioneritas orde pertama, pembentukan semivariogram eksperimental, fitting semivariogram teoritis, dan validasi silang menggunakan metode *Leave One Out Cross Validation* (LOOCV) untuk menentukan model terbaik. Hasil fitting menunjukkan bahwa model semivariogram teoritis Spherical memberikan nilai RMSE terkecil, yaitu 0,001332119, sehingga dipilih sebagai model terbaik. Hasil estimasi kandungan merkuri di titik tidak tersampel menunjukkan bahwa seluruh titik memiliki nilai di atas ambang batas baku mutu 0,001 mg/L, dengan nilai tertinggi mencapai 0,003451497 mg/L. Temuan ini mengindikasikan bahwa seluruh titik estimasi berada dalam kondisi tercemar dan berpotensi membahayakan kesehatan masyarakat jika air sungai digunakan tanpa pengolahan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah bagi pemerintah daerah dalam menentukan kebijakan pemantauan dan pengendalian pencemaran merkuri di wilayah sungai DKI Jakarta.

Kata Kunci: *Merkuri, Ordinary Kriging, Interpolasi Spasial.*

A. Pendahuluan

Salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya adalah air (Hendrawan, 2010). Salah satu sumber daya air yang ada di permukaan bumi adalah sungai. Sungai biasanya dimanfaatkan manusia untuk banyak keperluan seperti penampungan air, alat transportasi, irigasi, tempat memelihara ikan, serta tempat rekreasi. Bahkan di beberapa tempat di Indonesia, sungai dimanfaatkan untuk kegiatan mandi dan mencuci (Sukmawati et al., 2022). Jakarta, merupakan kota dengan masyarakat yang masih memanfaatkan sungai untuk kegiatan mandi dan mencuci. Menurut data dari Badan Pusat Statistik DKI Jakarta pada tahun 2022, sekitar 25% penduduk Jakarta yang tinggal di bantaran sungai masih menggunakan air sungai untuk keperluan sehari-hari. Hal ini perlu menjadi perhatian khusus karena berdasarkan laporan Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta pada tahun 2023, sekitar 78% sungai di Jakarta berada dalam status tercemar berat. Tingginya kandungan merkuri (Hg) dalam air sungai menjadi salah satu alasan ketidaklayakan air sungai untuk kegiatan mandi dan mencuci (Pandiangan et al., 2023). Penggunaan air yang memiliki kandungan merkuri yang tinggi akan menyebabkan banyak penyakit bagi manusia, diantaranya adalah mengakibatkan infertilitas, penurunan kinerja motorik, penurunan kekuatan otot, berbagai penyakit kulit, bahkan kematian (Zahir et al., 2005).

Agar meminimalisasi penggunaan air yang memiliki kandungan merkuri melebihi ambang batas pada air sungai, perlu dilihat kandungan merkuri di seluruh titik sungai di DKI Jakarta. Namun, pengecekan kandungan merkuri tidak bisa dilakukan di setiap titik sungai dikarenakan terlalu banyak. Oleh karena itu, pengecekan kandungan merkuri dapat dilakukan dengan menggunakan salah satu metode geostatistika. Geostatistika merupakan cabang statistika yang memperhitungkan aspek spasial dalam analisis data (Rodrigues et al., 2020). Geostatistika mencakup berbagai metode, salah satunya adalah interpolasi spasial. Metode ini digunakan untuk memperkirakan nilai suatu variabel pada lokasi yang belum terukur, namun masih berada dalam area cakupan sampel (Niklah et al., 2019). Metode *Kriging* dan *Inverse Distance Weighted* (IDW) adalah dua metode interpolasi spasial yang paling umum digunakan (Msengwa, 2021). Kelebihan yang dimiliki oleh kedua metode ini cukup berbeda, dimana metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) menggunakan konsep yang lebih sederhana sehingga dapat mengestimasi nilai tidak tersampel lebih cepat, sedangkan metode *Kriging* dapat menampilkan *error variance* dari hasil estimasi sehingga peneliti dapat menilai akurasi dari hasil estimasi.

Beberapa penelitian membandingkan Metode *Kriging* dan *Inverse Distance Weighted* dalam mengestimasi suatu nilai karena memiliki konsep yang mirip. Beberapa contoh penelitian yang membandingkan kedua metode ini yaitu, penelitian yang dilakukan oleh W. Sanusi dkk menyatakan bahwa metode *Kriging* lebih baik digunakan daripada metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) dalam mengestimasi data curah hujan di Sulawesi Selatan (Sanusi et al., 2024). Kemudian penelitian yang serupa yang dilakukan oleh X. Luo dkk juga menunjukkan bahwa metode *Kriging* merupakan metode yang lebih baik daripada *Inverde Distance Weighted* (IDW) dalam hasil estimasi karena menghasilkan nilai RMSE paling kecil (Luo et al., 2011). Pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa metode *Kriging* menghasilkan RMSE yang lebih baik daripada metode *Inverse Distance Weighted*. Dari beberapa penelitian yang membandingkan metode *Kriging* dan *Inverse Distance Weighted* dapat disimpulkan bahwa metode *Kriging* dapat memberikan hasil estimasi lebih baik daripada metode *Inverse Distance Weighted*.

Ordinary Kriging merupakan metode yang paling umum digunakan. Beberapa asumsi utama yang harus terpenuhi dalam metode ini yaitu rata-rata dari data yang bersifat konstan namun tidak diketahui di seluruh area studi (Cressie, 1990). *Ordinary Kriging* akan memberikan estmasi nilai dan kesalahan di setiap titik tidak tersampel. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa *Ordinary Kriging* dapat mengestimasi variabel dari titik tidak tersampel di suatu wilayah. Contohnya pada penelitian yang dilakukan oleh Hendro (Purnomo & Wijaya, 2022) metode *Ordinary Kriging* berhasil mengestimasi kadar Al_2O_3 dan $RSiO_2$ dengan model semivariogram teoritis yang terpilih yaitu model semivariogram teoritis eksponensial. Selanjutnya, pada penelitian yang dilakukan oleh William (Farmer, 2016) menyatakan bahwa kombinasi metode *Ordinary Kriging* dan ARIMA merhasil mengestimasi catatan aliran sungai harian yang datanya berbentuk *time series*.

Dalam metode *Ordinary Kriging*, semivariogram digunakan pada saat penentuan struktur spasial dan penentuan estimasi bobot yang cocok untuk hasil estimasi sebelum melakukan analisis menggunakan metode *Indicator Kriging*. Menurut proses pembentukannya, semivariogram dibagi

menjadi dua, yaitu semivariogram eksperimental dan semivariogram teoritis. Semivariogram eksperimental dibentuk dari hasil pengamatan pada variabel yang divisualisasikan pada grafik. Sedangkan semivariogram teoritis digunakan untuk pembandingan hasil dari semivariogram eksperimental. Terdapat beberapa semivariogram teoritis yang dapat digunakan, model semivariogram yang sering digunakan diantaranya adalah model *Gaussian*, *Spherical*, dan Eksponensial. Model-model semivariogram teoritis ini memiliki karakteristik yang berbeda sehingga dapat digunakan untuk berbagai jenis data dan situasi. Pemilihan model semivariogram teoritis ini merupakan hal yang sangat penting karena dapat mempengaruhi akurasi hasil dari analisis spasial.

Metode interpolasi spasial ini dipilih karena data kandungan merkuri (Hg) pada sungai di Jakarta merupakan data spasial yang memperhatikan informasi mengenai lokasi pengamatan. Kandungan merkuri (Hg) di sungai Jakarta dapat diukur dengan baik menggunakan salah satu metode interpolasi spasial yaitu *Ordinary Kriging*. Metode ini dipilih karena estimasi kandungan merkuri di sungai Jakarta dibutuhkan untuk penentuan kebijakan pemerintah Kota Jakarta dalam perizinan penggunaan sungai sebagai kegiatan mandi dan mencuci dan penindaklanjutan penelitian kandungan merkuri (Hg) pada air sungai di Kota Jakarta.

B. Metode

Metode Penelitian

Peneliti menggunakan metode interpolasi spasial *Ordinary Kriging* dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. *Ordinary Kriging* dalam geostatistika merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan. Metode ini memiliki asumsi stasioneritas dalam data spasial dengan mean yang tidak diketahui (Pham et al., 2019). Persamaan *Ordinary Kriging* dalam mengestimasi $\hat{Z}$ pada suatu lokasi s_0 dari titik-titik yang telah diketahui adalah sebagai berikut:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i) \quad \text{dengan} \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Keterangan:

$\hat{Z}(s_0)$ = Nilai estimasi pada titik s_0

λ_i = Bobot estimator *Kriging* pada lokasi ke- i

$Z(s_i)$ = Nilai dari variabel sampel s_i pada lokasi ke- i

n = Banyaknya titik sampel data

Dengan bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} \gamma(s_1 - s_1) & \gamma(s_1 - s_2) & \cdots & \gamma(s_1 - s_n) & 1 \\ \gamma(s_2 - s_1) & \gamma(s_2 - s_2) & \cdots & \gamma(s_2 - s_n) & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & 1 \\ \gamma(s_n - s_1) & \gamma(s_n - s_2) & \cdots & \gamma(s_n - s_n) & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma(s_1 - s_0) \\ \gamma(s_2 - s_0) \\ \vdots \\ \gamma(s_n - s_0) \\ 1 \end{pmatrix}$$

Sehingga, menghitung bobot *Kriging* λ_2 dapat menggunakan rumus berikut:

$$\begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma(s_1 - s_1) & \gamma(s_1 - s_2) & \cdots & \gamma(s_1 - s_n) & 1 \\ \gamma(s_2 - s_1) & \gamma(s_2 - s_2) & \cdots & \gamma(s_2 - s_n) & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & 1 \\ \gamma(s_n - s_1) & \gamma(s_n - s_2) & \cdots & \gamma(s_n - s_n) & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \gamma(s_1 - s_0) \\ \gamma(s_2 - s_0) \\ \vdots \\ \gamma(s_n - s_0) \\ 1 \end{pmatrix}$$

Keterangan:

$\gamma(s_i - s_j)$ = Semivarian dari semivariogram teoritis antar titik-titik tersampel i dan j

$\gamma(s_i - s_0)$ = Semivarian dari semivariogram teoritis antar titik-titik tersampel i dengan titik estimasi

λ_i = Bobot $Z(s_i)$ untuk prediksi lokasi s_0

s_0 = Lokasi data yang akan diestimasi

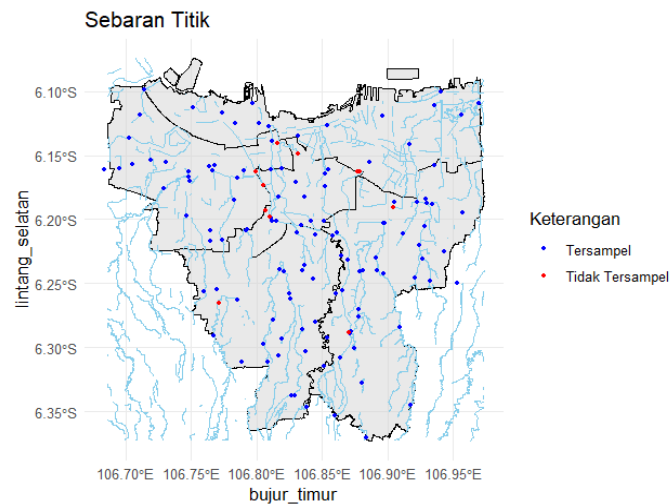
n = Banyaknya titik sampel

μ = Parameter *Lagrange*

Metode *Ordinary Kriging* akan menghasilkan estimator yang linier, tak bias, dan memiliki variansi yang minimal. Dengan ketiga sifat ini, *Ordinary Kriging* disebut sebagai metode yang bersifat *Best Linier Unbiased Estimator* (BLUE) (Pinto et al., 2020).

Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder kualitas air sungai yang ada di Daerah Khusus Ibukota Jakarta (DKI Jakarta) pada tahun 2022. Data yang digunakan diambil dari 23 sungai yaitu, Angke, Blencong, Buaran, Cakung, Cengkareng, Cideng, Ciliwung, Cipinang, Grogol, Jati Kramat, Kalibaru Barat, Kalibaru Timur, Krukut, Kamal, Kanal Timur, Mampang, Mookervart, Pesangrahan, Petukangan, Sekertaris, Sepak, Sunter, Tarum Barat. Berikut merupakan gambar lokasi titik tersampel dan tidak tersampel di setiap sungai:



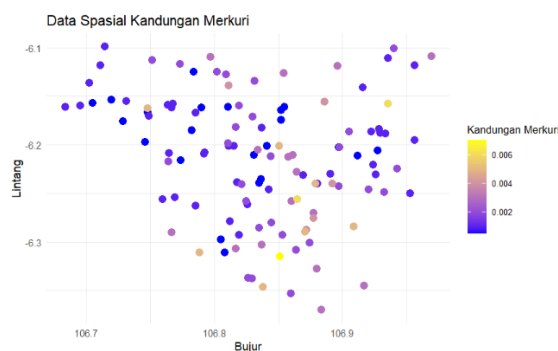
Gambar 1. Visualisasi Titik Tersampel dan Tidak Tersampel.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Bagian Asumsi *Ordinary Kriging*

Sebelum dilakukan estimasi spasial menggunakan metode *Ordinary Kriging*, terlebih dahulu perlu dilakukan evaluasi terhadap asumsi dasar yang mendasari metode ini. Salah satu asumsi utama adalah stasioneritas orde pertama, yang mempengaruhi keakuratan hasil estimasi. Stasioneritas orde pertama mengacu pada anggapan bahwa nilai rata-rata dari data bersifat konstan dalam area lokal tertentu. Asumsi ini penting untuk menjamin validitas semivariogram dan akurasi prediksi *Ordinary Kriging*.

Dalam penelitian ini, asumsi stasioneritas diuji secara visual melalui sebaran spasial data Kandungan Merkuri. Berikut merupakan plot sebaran spasial data Kandungan Merkuri.

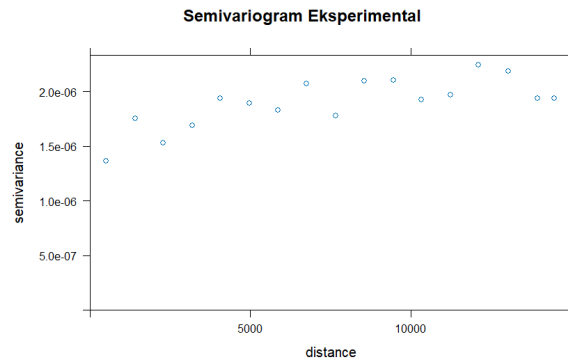


Gambar 2. Sebaran Data Kandungan Merkuri

Berdasarkan Gambar 2, distribusi nilai tampak tersebar merata tanpa menunjukkan pola tren spasial yang jelas. Hal ini menunjukkan bahwa asumsi stasioneritas orde pertama terpenuhi. Dengan mempertimbangkan hasil visualisasi, dapat disimpulkan bahwa data memenuhi asumsi stasioneritas spasial yang diperlukan untuk penerapan *Ordinary Kriging*.

Pembentukan Semivariogram Eksperimental

Pembentukan semivariogram eksperimental dilakukan untuk melihat sebaran data dari titik tersampel. Nantinya, semivariogram eksperimental akan digunakan untuk proses fitting semivariogram teoritis guna mengestimasi nilai kandungan merkuri di titik tidak tersampel. Berikut merupakan visualisasi semivariogram eksperimental dari titik tersampel.

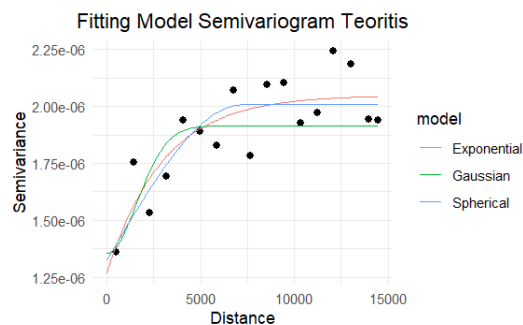


Gambar 3. Semivariogram Eksperimental

Gambar 3 menunjukkan hasil semivariogram eksperimental yang telah dibentuk, dengan nilai nugget sebesar 0.0000013, sill sebesar 0.0000022, dan range sebesar 12107.02. Nilai nugget yang sangat kecil menunjukkan bahwa variabilitas data pada jarak yang sangat dekat atau hampir nol tergolong rendah, yang mengindikasikan bahwa kesalahan pengukuran atau variabilitas mikro dalam data spasial cukup kecil. Nilai sill sebesar 0.0000022 merepresentasikan tingkat variasi total dari data setelah jarak antar titik mencapai ambang kejenuhan, di mana varians tidak lagi meningkat secara signifikan. Sementara itu, nilai range sebesar 12107.02 menunjukkan bahwa data spasial masih saling berkorelasi secara signifikan hingga jarak sekitar 12.107 meter. Setelah jarak ini, hubungan spasial antar titik pengamatan cenderung tidak signifikan. Berdasarkan nilai-nilai tersebut, dapat disimpulkan bahwa data memiliki struktur spasial yang cukup kuat, dengan tingkat keacakan yang rendah dan jangkauan korelasi spasial yang luas.

Fitting Semivariogram Teoritis

Selanjutnya, dilakukan *fitting* semivariogram teoritis dengan semivariogram eksperimental guna melihat model semivariogram teoritis mana yang cocok digunakan untuk mengestimasi nilai merkuri di sungai-sungai di DKI Jakarta. Berikut merupakan visualisasi *fitting* semivariogram.



Gambar 4. Fitting Semivariogram Teoritis

Setelah itu, dilakukan validasi silang menggunakan metode *Leave One Out Cross Validation* yang nantinya akan menghitung nilai RMSE dari setiap model semivariogram teoritis. Berikut merupakan hasil validasi silang menggunakan metode *Leave One Out Cross Validation*.

Tabel 1. RMSE Setiap Model

Model	RMSE
<i>Spherical</i>	0.001332119
<i>Gaussian</i>	0.001346921
Eksponensial	0.001346921

Dari tabel 1, dapat disimpulkan bahwa model semivariogram teoritis terbaik adalah model semivariogram teoritis *Spherical* karena memiliki RMSE paling kecil. oleh karena itu, model semivariogram teoritis *Spherical* dipilih untuk mengestimasi kandungan merkuri di sungai-sungai di DKI Jakarta.

Estimasi Kandungan Merkuri Titik Tidak Tersampel

Setelah model semivariogram terpilih, maka dilakukan estimasi kandungan merkuri titik tidak tersampel di sungai-sungai di DKI Jakarta dengan bantuan *software* RStudio. Berikut merupakan hasil estimasinya.

Tabel 2. Hasil Estimasi

Latitude	Longitude	Estimasi Kandungan Merkuri
-6.19819	106.80996	0.001414684
-6.19767	106.80996	0.001415762
-6.19271	106.80687	0.001379945
-6.17351	106.80487	0.001350954
-6.14072	106.81607	0.002190075
-6.14885	106.83178	0.00182463
-6.26541	106.77123	0.001618524
-6.28808	106.87063	0.003451497
-6.19092	106.90434	0.001569323
-6.16306	106.87713	0.002065596
-6.16292	106.87873	0.002110233
-6.16291	106.79889	0.001360186

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Model Semivariogram Teoritis *Spherical* terpilih menjadi model Semivariogram terbaik untuk mengestimasi kandungan merkuri pada titik tidak tersampel di sungai-sungai di DKI Jakarta.

2. Kandungan merkuri pada beberapa titik koordinat di wilayah Jakarta, diketahui bahwa seluruh titik memiliki nilai yang melebihi ambang batas maksimum yang ditetapkan, yaitu 0,001 mg/L. Estimasi terendah tercatat sebesar 0,001360186 mg/L dan estimasi tertinggi mencapai 0,003451497 mg/L. Dengan demikian, 100% dari titik estimasi menunjukkan pencemaran merkuri yang melebihi ambang batas baku mutu. Hal ini mengindikasikan bahwa area-area yang ditinjau memiliki potensi risiko pencemaran yang cukup serius. Nilai-nilai yang melebihi ambang batas dapat berdampak negatif terhadap kualitas air dan kesehatan masyarakat jika digunakan untuk kebutuhan domestik, pertanian, atau konsumsi. Titik-titik dengan konsentrasi tertinggi, seperti di sekitar koordinat (-6.28808, 106.87063) dan (-6.16306, 106.87713), sebaiknya menjadi fokus utama dalam upaya penanganan dan pemantauan lebih lanjut.

Daftar Pustaka

- Cressie, N. (1990). The origins of kriging. *Mathematical Geology*, 22(3). <https://doi.org/10.1007/BF00889887>
- Farmer, W. H. (2016). Ordinary kriging as a tool to estimate historical daily streamflow records. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(7). <https://doi.org/10.5194/hess-20-2721-2016>
- Hendrawan, D. (2010). KUALITAS AIR SUNGAI DAN SITU DI DKI JAKARTA. *MAKARA of Technology Series*, 9(1). <https://doi.org/10.7454/mst.v9i1.315>
- Herliani, F. D., & Kudus, A. (2023). Penanganan Data Missing dengan Algoritma Multivariate Imputation By Chained Equations (MICE). *DataMath: Journal of Statistics and Mathematics*, 1(1), 35–42. <https://doi.org/10.29313/datamath.v1i1.25>
- Khalis Syahril Suryana, Syahla Anisah, & Aceng Komarudin Mutaqin. (2024). Uji Dua Rata-Rata Waktu Belajar Mandiri Antara Mahasiswa Laki-Laki dan Perempuan. *Jurnal Riset Statistika*, 103–110. <https://doi.org/10.29313/jrs.v4i2.5002>
- Luo, X., Xu, Y., & Shi, Y. (2011). Comparison of interpolation methods for spatial precipitation under diverse orographic effects. *Proceedings - 2011 19th International Conference on Geoinformatics*, 2011. <https://doi.org/10.1109/GeoInformatics.2011.5980666>
- Msengwa, A. S. (2021). Geostatistics for Environmental Scientists. *JOURNAL OF THE GEOGRAPHICAL ASSOCIATION OF TANZANIA*, 41(1). <https://doi.org/10.56279/jgat.v41i1.13>
- Muhammad Farhan Praja Utama, & Teti Sofia Yanti. (2024). Diagram Kendali Adaptive Exponentially Weighted Moving Average Bayesian dalam Pengendalian Penyaluran Air Minum. *Jurnal Riset Statistika*, 83–92. <https://doi.org/10.29313/jrs.v4i2.5014>
- Niklah, W. M., Madrini, I. A. G. B., & Wijaya, I. M. A. S. (2019). Keragaman Unsur Hara Nitrogen pada Lahan Sawah di Desa Maduran, Kecamatan Maduran, Kabupaten Lamongan Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, 4(1). <https://doi.org/10.24843/jitpa.2019.v04.i01.p03>
- Pandiangan, Y. S., Zulaikha, S., Warto, W., & Yudo, S. (2023). Status Kualitas Air Sungai Ciliwung Berbasis Pemantauan Online di Wilayah DKI Jakarta Ditinjau dari Parameter

- Suhu, pH, TDS, DO, DHL, dan Kekeruhan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2). <https://doi.org/10.55981/jtl.2023.1003>
- Pham, T. G., Kappas, M., Huynh, C. Van, & Nguyen, L. H. K. (2019). Application of ordinary kriging and regression kriging method for soil properties mapping in hilly region of central Vietnam. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/ijgi8030147>
- Pinto, J. A., Kumar, P., Alonso, M. F., Andreão, W. L., Pedruzzi, R., Espinosa, S. I., & de Almeida Albuquerque, T. T. (2020). Kriging method application and traffic behavior profiles from local radar network database: A proposal to support traffic solutions and air pollution control strategies. *Sustainable Cities and Society*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102062>
- Purnomo, H., & Wijaya, R. A. E. (2022). Pemetaan Sebaran Kadar Al₂O₃ dan RSiO₂ Pada Endapan Laterit Bauksit Menggunakan Pendekatan Metode Interpolasi Ordinary Kriging Dan Inverse Distance Weighting. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 14(1). <https://doi.org/10.28989/angkasa.v14i1.1227>
- Rodrigues, M. S., Castrignanò, A., Belmonte, A., da Silva, K. A., & da Trindade Lessa, B. F. (2020). Geostatistics and its potential in Agriculture 4.0. *Revista Ciencia Agronomica*, 51(5). <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200095>
- Sanusi, W., Sidjara, S., Patahuddin, S., & Danial, M. (2024). A Comparison of Spatial Interpolation Methods for Regionalizing Maximum Daily Rainfall Data in South Sulawesi, Indonesia. *ITM Web of Conferences*, 58. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20245804003>
- Sukmawati, S., Anwar, M., & Paharuddin, P. (2022). Perilaku Masyarakat dalam Memanfaatkan Air Sungai Sebagai Air MCK. *Jurnal Keperawatan Profesional (KEPO)*, 3(1). <https://doi.org/10.36590/kepo.v3i1.299>
- Trianto Syahbannu Prayoga, & Suliadi. (2024). Korelasi Rank-Spearman pada Hubungan Beberapa Variabel Produk Domestik Regional Bruto. *Jurnal Riset Statistika*, 137–144. <https://doi.org/10.29313/jrs.v4i2.5162>
- Zahir, F., Rizwi, S. J., Haq, S. K., & Khan, R. H. (2005). Low dose mercury toxicity and human health. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 20(2). <https://doi.org/10.1016/j.etap.2005.03.007>