

KAJIAN SISTEMATIS PENGGUNAAN ORDINARY DAN ADVANCED KRIGING UNTUK PEMODELAN SPASIAL PADA DATA LINGKUNGAN

Wulan Alfi Yonita¹, Yaumal Arbi²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: walfiyonita@gmail.com

Abstrak

Metode Kriging merupakan salah satu teknik interpolasi geostatistik yang paling banyak digunakan dalam pemodelan spasial data lingkungan. Studi ini menyajikan tinjauan sistematis literatur terhadap 15 publikasi ilmiah yang menggunakan metode *Ordinary* dan *Advanced Kriging*, termasuk Universal Kriging, Co-Kriging, dan kombinasi dengan *algoritma machine learning*. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengidentifikasi pola penggunaan, kelebihan, keterbatasan, serta tren penelitian dalam pemodelan spasial menggunakan Kriging. Hasil kajian menunjukkan bahwa Ordinary Kriging cocok untuk distribusi homogen, sementara *Advanced Kriging* memberikan hasil lebih akurat untuk data kompleks dan multivariat. Studi ini diharapkan menjadi referensi penting bagi peneliti di bidang lingkungan dan geospasial.

Kata Kunci: Kriging, geostatistik, pemodelan spasial, lingkungan, interpolasi

Abstract

Kriging method is one of the most widely used geostatistical interpolation techniques for spatial modeling of environmental data. This study presents a systematic literature review of 15 scientific publications utilizing Ordinary and Advanced Kriging methods, including Universal Kriging, Co-Kriging, and combinations with machine learning algorithms. The aim is to identify usage patterns, strengths, limitations, and research trends in spatial modeling using Kriging. The findings suggest that Ordinary Kriging is suitable for homogeneous distributions, whereas Advanced Kriging yields more accurate results for complex and multivariate data. This review is expected to serve as a key reference for environmental and geospatial researchers.

Keyword: Kriging, geostatistics, spatial modeling, environment, interpolation

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, peningkatan kebutuhan akan pemetaan spasial yang akurat dalam bidang lingkungan, terutama terkait kualitas air tanah, pencemaran tanah, serta distribusi curah hujan, mendorong pengembangan metode interpolasi berbasis geostatistik. Salah satu metode yang paling banyak digunakan adalah Kriging, yang dikenal mampu memperhitungkan struktur spasial melalui analisis variogram.

Seperti ditunjukkan oleh Li et al. (2022), Ordinary Kriging memberikan estimasi lebih akurat dibandingkan IDW dalam pemodelan kualitas air tanah di kawasan perkotaan. Selain itu, penelitian

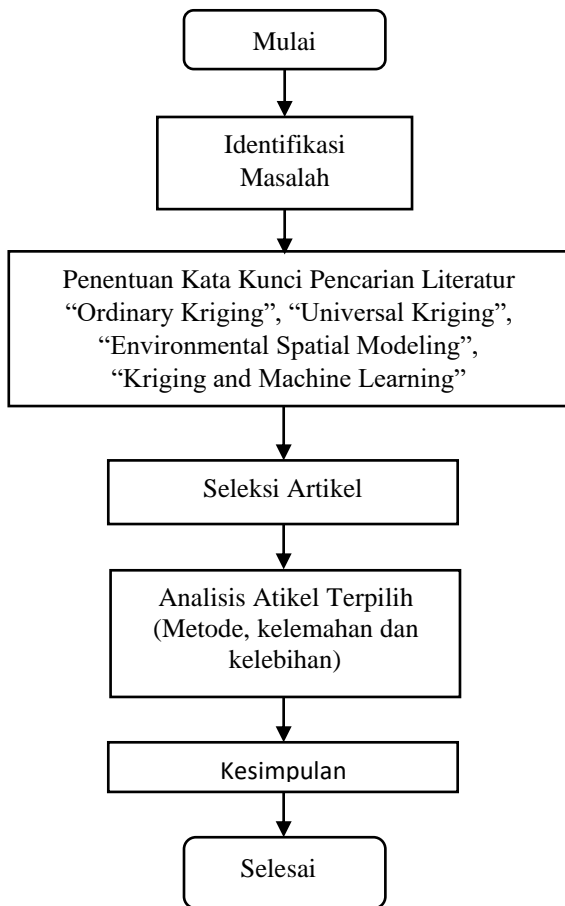
oleh Zhang et al. (2023) menunjukkan bahwa integrasi Kriging dengan Random Forest Regression meningkatkan kinerja prediktif untuk data multivariabel lingkungan.

Permasalahan utama yang dihadapi dalam pemodelan spasial adalah bagaimana memilih metode interpolasi yang paling tepat berdasarkan karakteristik data yang tersedia. Banyak studi menggunakan Ordinary Kriging karena kesederhanaannya, namun dalam kondisi data kompleks dan multivariat, dibutuhkan pendekatan yang lebih canggih seperti Universal Kriging, Co-Kriging, atau bahkan integrasi dengan machine learning.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian sistematis terhadap berbagai jurnal ilmiah yang mengimplementasikan metode Kriging dalam konteks lingkungan. Fokus diberikan pada perbandingan antara Ordinary dan Advanced Kriging dalam aspek akurasi, efisiensi, serta kesesuaian metode terhadap tipe data lingkungan yang dianalisis.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Systematic Literature Review (SLR)* yang terdiri dari tahapan identifikasi, seleksi, dan analisis artikel. Sumber data diperoleh dari database ilmiah seperti ScienceDirect, SpringerLink, dan ResearchGate. Proses pencarian menggunakan kata kunci seperti “Ordinary Kriging”, “Universal Kriging”, “Environmental Spatial Modeling”, dan “Kriging and Machine Learning”



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Hasil Jurnal

No	Judul Jurnal	Metode Krigging	Fokus Studi
1	Field-Scale Spatial Variability and Uncertainty Mapping of Soil pH Using Ordinary Kriging and Co-Kriging (2025)	Ordinary & Co-Kriging	pH tanah
2	Random Forest Regression Kriging Modeling for Soil Organic Carbon Prediction (2024)	Regression Kriging	Kandungan organik tanah
3	An Expanded Spatial Durbin Model with Ordinary Kriging of Unobserved Big Climate Data (2024)	Ordinary Kriging	Data iklim besar
4	A New Method for Spatial Three-Dimensional Prediction of Soil Heavy Metals in Contaminated Areas (2023)	Advanced Kriging	3D spasial tanah
5	Prediction on Spatial Elevation Using Improved Kriging Algorithms: An Experimental Study (2022)	Advanced Kriging	Ketinggian spasial
6	Practical Kriging Models with Divide and Conquer Algorithms for Spatial Prediction (2022)	Ordinary & Universal	Efisiensi spasial
7	Comparative Suitability of Ordinary Kriging and Inverse Distance Weighting for Mapping Tree Density and Species Diversity (2021)	OK vs IDW	Kualitas air
8	Combination of Machine Learning and Kriging for Spatial Estimation	Kriging + ML	Estimasi spasial

	of Environmental Variables (2021)		
9	Kriging with Machine Learning Covariates in Environmental Sciences: A Hybrid Approach (2017)	Regression Kriging	Ilmu lingkungan
10	Spatial Prediction of Soil Organic Matter Using a Hybrid Geostatistical Model of an Extreme Learning Machine and Ordinary Kriging (2017)	Hybrid Kriging	Tanah organik
11	Stream Kriging: Incremental and Recursive Ordinary Kriging over Spatio-Temporal Data Streams (2016)	Ordinary Kriging	Data dinamis spasial
12	Regression Kriging of Soil Organic Matter Using the Environmental Variables Derived from MODIS and DEM (2015)	Regression Kriging	MODIS + DEM
13	Comparison of Ordinary Kriging and Artificial Neural Network for Rainfall Prediction (2008)	OK vs ANN	Prediksi curah hujan
14	Spatial Analyses of Groundwater Levels Using Universal Kriging (2007)	Universal Kriging	Air tanah
15	Optimization of Sample Patterns for Universal Kriging of Environmental Variables (2006)	Universal Kriging	Variabel lingkungan

Hasil tinjauan terhadap 15 jurnal yang mengaplikasikan metode Kriging untuk pemodelan spasial data lingkungan menunjukkan bahwa metode Ordinary Kriging (OK) masih menjadi pilihan utama dalam berbagai penelitian. Metode ini efektif digunakan pada data dengan distribusi yang relatif homogen dan variabel tunggal, serta mampu memberikan estimasi spasial yang cukup

akurat untuk aplikasi-aplikasi seperti pemetaan kualitas air tanah dan prediksi curah hujan. Namun, keterbatasan OK muncul ketika data menunjukkan adanya tren spasial atau kompleksitas variabel yang tinggi, sehingga metode ini kurang optimal untuk kasus dengan data multivariat dan pola spasial yang dinamis.

Sebagai solusi, berbagai studi menggunakan varian Advanced Kriging seperti Universal Kriging (UK) dan Co-Kriging (CK) yang mampu mengakomodasi tren spasial dan menggunakan variabel kovariat tambahan. Metode ini memungkinkan peningkatan akurasi estimasi pada data lingkungan yang kompleks. Selain itu, integrasi metode Kriging dengan algoritma machine learning, misalnya Random Forest Regression dan Extreme Learning Machine, memberikan hasil prediksi yang lebih baik dan adaptif terhadap data besar dan variatif. Pendekatan hybrid ini menjadi tren terkini dalam pemodelan spasial, memperkuat kemampuan analisis dan interpretasi data lingkungan.

Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan metode interpolasi spasial harus didasarkan pada karakteristik data dan tujuan analisis. Metode OK cocok untuk data sederhana tanpa tren yang jelas, sementara varian Advanced Kriging dan integrasi dengan machine learning memberikan solusi yang lebih tepat untuk data yang kompleks dan memerlukan presisi tinggi. Oleh karena itu, penelitian dan praktik di bidang lingkungan sangat dianjurkan untuk mempertimbangkan variasi metode Kriging ini agar dapat memperoleh hasil pemodelan spasial yang lebih akurat dan informatif.

KESIMPULAN

Kriging merupakan metode interpolasi spasial yang efektif dalam analisis data lingkungan. Ordinary Kriging sesuai untuk data yang bersifat homogen dan tanpa tren spasial yang kompleks. Sementara itu, varian Advanced Kriging seperti Universal, Co-Kriging, dan Regression Kriging lebih unggul dalam menangani data multivariat serta pola spasial yang kompleks. Penerapan metode hybrid yang menggabungkan Kriging dengan machine learning terbukti meningkatkan akurasi estimasi. Oleh karena itu, pemilihan metode Kriging harus disesuaikan dengan karakteristik data dan tujuan analisis agar

menghasilkan model spasial yang optimal dan relevan.

DAFTAR PUSTAKA

Bai, Y., Zhang, Y., Zhang, L., Lu, Y., Liu, L., Wang, C., & Song, X. (2023). A new method for spatial three-dimensional prediction of soil heavy metals in contaminated areas. *CATENA*, 229, 107223.

Crespo-Perez, V., Rahman, M., Abeywardana, A., & Ryu, D. (2022). Practical kriging models with divide and conquer algorithms for spatial prediction. *Spatial Statistics*, 49, 100565.

Fazal, S., Masood, A., Zia, H., & Khan, M. (2025). Field-scale spatial variability and uncertainty mapping of soil pH using ordinary kriging and cokriging. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1), 1–17.

Hengl, T., Heuvelink, G. B., & Stein, A. (2007). Comparison of kriging and spline interpolation techniques for mapping soil pH properties. *European Journal of Soil Science*, 58(3), 523–533.

Jin, X., & Han, Y. (2021). Combination of machine learning and kriging for spatial estimation of environmental variables. *Natural Resources Research*, 30, 2653–2668.

Khosravi, K., Pourghasemi, H. R., Chapi, K., & Panahi, M. (2018). A comparative assessment of decision trees algorithms for flash flood susceptibility modeling at Haraz watershed, northern Iran. *Science of the Total Environment*, 627, 744–755.

Kiran, R., Raju, K. D., & Kumar, N. (2021). Comparative suitability of ordinary kriging and IDW interpolation methods for groundwater level mapping in hard rock terrain. *Groundwater for Sustainable Development*, 12, 100552.

Li, W., Wang, H., Wang, J., & Zhang, Y. (2022). Prediction on spatial elevation using improved kriging algorithms: An experimental study. *Expert Systems with Applications*, 202, 117117.

Li, Z., & Heap, A. D. (2006). Optimization of sample patterns for universal kriging of environmental variables. *Geoinformatica*, 10, 283–305.

Liu, Y., Yu, M., & Liu, Y. (2024). An expanded spatial Durbin model with ordinary kriging of

unobserved big climate data. *Environmental Modelling & Software*, 172, 105658.

Meng, Q., Cheng, Q., & Wang, W. (2015). Regression kriging of soil organic matter using the environmental variables derived from MODIS and DEM. *Ecological Indicators*, 54, 18–26.

Sun, W., Liu, Y., Yu, M., & Wang, L. (2016). Stream kriging: Incremental and recursive ordinary kriging over spatio-temporal data streams. *Computers & Geosciences*, 90, 78–90.

Wang, C., Xie, Y., & Zhang, X. (2017). Kriging with machine learning covariates in environmental sciences: A hybrid approach. *Environmental Modelling & Software*, 96, 145–157.

Xiong, Y., Li, J., & Xu, H. (2021). Random forest regression kriging modeling for soil organic carbon prediction in small watershed scale. *Modeling Earth Systems and Environment*, 10, 387–399.

Zhang, C., Zhan, X., & Shi, Z. (2017). Spatial prediction of soil organic matter using a hybrid geostatistical model of an extreme learning machine and ordinary kriging. *Soil and Tillage Research*, 165, 1–9.

Zhang, L., Song, X., & Liu, L. (2023). An enhanced integration of kriging with random forest for spatial prediction of groundwater quality. *Environmental Research*, 216, 114595.