



Evaluasi Kinerja Metode Interpolasi Spasial untuk Estimasi Curah Hujan (Studi Kasus di Sumatera Utara pada Kuartal I Tahun 2025)

Dhea Amelia Putri¹, Elilya Octaviani², Virdio Samuel Saragih³, Lia Alyani⁴, Ibrahim Al-Kahfi⁵, Rizty Maulida Badri⁶, Febri Dwi Irawati⁷

^{1, 2, 3, 4, 5, 7}Program Studi Sains Data, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sumatera

¹elilya.122450009@student.itera.ac.id

²dhea.122450004@student.itera.ac.id

³virdio.122450124@student.itera.ac.id

⁴lia.121450138@student.itera.ac.id

⁵ibrahim.122450100@student.itera.ac.id

⁷febri.dwi@sd.itera.ac.id

⁶Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

⁶riztymaulidabadri@gmail.com

Corresponding author email: febri.dwi@sd.itera.ac.id

Abstract: Indonesia, located along the equator, experiences a tropical climate with high rainfall intensity across its regions, including North Sumatra Province. Rainfall (in mm) is defined as the height of rainwater collected on a flat, non-draining surface. This study aims to compare three spatial interpolation methods -Inverse Distance Weighting (IDW), Spline, and Ordinary Kriging- in modeling the spatial distribution of rainfall in North Sumatra during the first quarter of 2025. The data used consist of monthly rainfall observations from ten meteorological stations distributed across the study area. Each interpolation method was applied to generate spatial rainfall models, which were then evaluated using Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE) metrics. The results show that the Spline method performed best, with an RMSE of 17.674 and an MAE of 11.111, and successfully identified high-rainfall areas around the Tobing Meteorological Station and low-rainfall areas near the Kualanamu Station. These findings indicate that the Spline method is more accurate in representing spatial rainfall variation compared to the other methods and is recommended for rainfall distribution mapping, especially in regions with limited observation points such as meteorological stations.

Keywords: Rainfall, Spatial Interpolation, Inverse Distance Weighting, Kriging, Spline, North Sumatra

Abstrak: Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa memiliki iklim tropis dengan intensitas curah hujan yang tinggi di sebagian besar wilayahnya, termasuk Provinsi Sumatera Utara. Curah hujan (dalam mm) merupakan ukuran ketinggian air hujan yang tertampung pada permukaan datar tanpa aliran. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tiga metode interpolasi spasial *Inverse Distance Weighting* (IDW), *Spline*, dan *Ordinary Kriging* dalam memodelkan distribusi curah hujan di Provinsi Sumatera Utara pada kuartal pertama tahun 2025. Data yang digunakan berupa curah hujan bulanan dari sepuluh stasiun meteorologi yang tersebar di wilayah studi. Setiap metode interpolasi diterapkan untuk menghasilkan model spasial curah hujan, yang kemudian dievaluasi menggunakan metrik *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Spline* memberikan hasil terbaik, dengan nilai RMSE sebesar 17.674 dan MAE sebesar 11.111, serta mampu mengidentifikasi wilayah dengan curah hujan tinggi di sekitar Stasiun Meteorologi Tobing dan wilayah dengan curah hujan rendah di sekitar Stasiun Kualanamu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Spline* lebih akurat dalam merepresentasikan variasi spasial curah hujan dibandingkan metode lainnya, dan direkomendasikan untuk digunakan dalam pemetaan distribusi curah hujan di wilayah dengan keterbatasan titik pengamatan.

Kata kunci: curah hujan, interpolasi spasial, *Inverse Distance Weighting*, *Kriging*, *Spline*, Sumatera Utara

I. PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan salah satu parameter klimatologis yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan, terutama dalam pengelolaan sumber daya air, pertanian, mitigasi bencana, dan perencanaan pembangunan wilayah. Di wilayah tropis seperti Indonesia, distribusi curah hujan yang tidak merata secara spasial dan temporal menjadi tantangan tersendiri dalam pengambilan keputusan berbasis data. Sumatera Utara, sebagai salah satu provinsi dengan topografi yang kompleks dan variasi iklim mikro yang tinggi, sering mengalami ketimpangan distribusi curah hujan yang berdampak pada



ketahanan pangan, banjir, dan kekeringan. Ketersediaan data curah hujan yang akurat dan representatif secara spasial sangat penting untuk mendukung analisis hidrologi dan klimatologi. Namun, keterbatasan jumlah dan sebaran stasiun pengamatan curah hujan di Sumatera Utara menyebabkan adanya celah informasi di beberapa wilayah. Untuk mengatasi hal ini, metode interpolasi spasial digunakan sebagai pendekatan untuk memperkirakan nilai curah hujan di lokasi yang tidak memiliki data pengamatan langsung [1].

Penelitian mengenai interpolasi spasial curah hujan di Indonesia telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir, seiring meningkatnya kebutuhan akan data klimatologis yang akurat untuk mendukung pengelolaan sumber daya air dan mitigasi bencana. Metode interpolasi seperti *Inverse Distance Weighting* (IDW), *Spline*, dan *Ordinary Kriging* telah banyak digunakan dan dibandingkan dalam berbagai studi. Kurniawan et al. (2018) menunjukkan bahwa IDW memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan Spline dalam memodelkan curah hujan bulanan di Jawa Timur, dengan nilai RMSE yang lebih rendah dan distribusi spasial yang lebih stabil[2]. Studi lain oleh Noviadi dan Rizki (2020) di DAS Babak, Lombok, juga menemukan bahwa IDW memiliki performa lebih baik dibandingkan Spline berdasarkan indikator RMSE, NSE, dan korelasi spasial [3]. Sementara itu, Kriging, meskipun lebih kompleks secara matematis, telah terbukti unggul dalam menangkap struktur spasial data curah hujan, terutama ketika pola variabilitas spasial tinggi dan data pengamatan terbatas[1]. Meskipun demikian, pemilihan metode interpolasi yang optimal sangat bergantung pada karakteristik wilayah studi, distribusi titik pengamatan, dan tujuan analisis, sehingga studi komparatif di wilayah-wilayah spesifik seperti Sumatera Utara masih sangat relevan dan dibutuhkan.

Meskipun metode interpolasi spasial seperti IDW, Spline, dan Ordinary Kriging telah banyak digunakan dalam pemodelan distribusi curah hujan, belum terdapat kajian komprehensif yang membandingkan kinerja ketiganya secara spesifik di wilayah Sumatera Utara, terutama pada periode kuartal pertama tahun 2025. Ketidakteraturan distribusi spasial stasiun pengamatan serta kompleksitas topografi wilayah tersebut menimbulkan pertanyaan mengenai metode interpolasi mana yang paling akurat dan sesuai untuk merepresentasikan pola curah hujan di daerah ini. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja tiga metode interpolasi spasial IDW, *Spline*, dan *Ordinary Kriging* dalam memodelkan distribusi curah hujan di Provinsi Sumatera Utara pada kuartal pertama tahun 2025 (Januari-April). Data curah hujan harian diperoleh dari jaringan stasiun BMKG yang mencakup dataran rendah pesisir hingga dataran tinggi pegunungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana masing-masing metode mampu merepresentasikan pola spasial curah hujan berdasarkan data observasi dari stasiun pengamatan yang tersedia, serta untuk mengidentifikasi metode interpolasi yang paling akurat dan sesuai dengan karakteristik topografi dan distribusi data di wilayah tersebut. Evaluasi akurasi dilakukan dengan metrik Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolute Error (MAE).

II. METODE PENELITIAN

2.1. Dataset

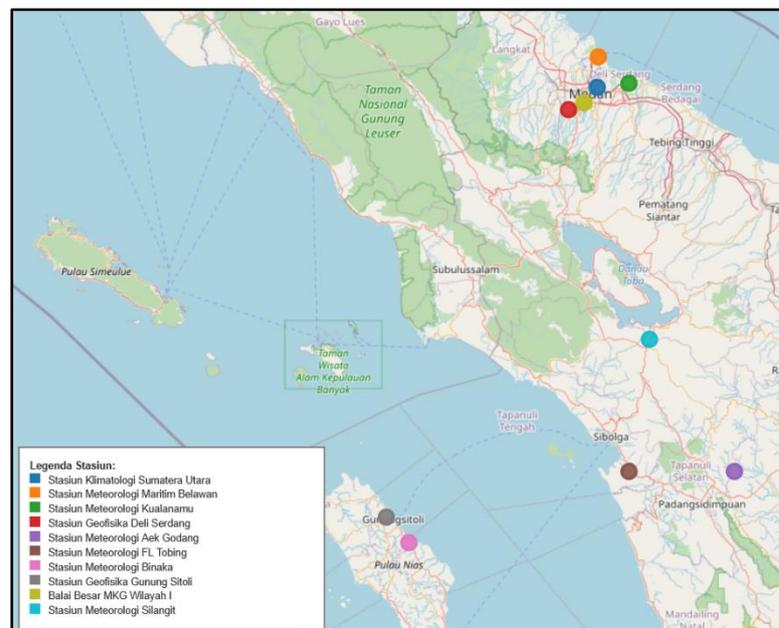
Pada penelitian ini, data yang digunakan merupakan data curah hujan yang didapatkan dari web resmi BMKG dengan jumlah 10 pos stasiun yang diuji berada di daerah Sumatera Utara pada kuartal pertama 2025 (Januari - April). Data ini mencakup jumlah curah hujan (dalam milimeter) yang tercatat di masing-masing stasiun klimatologi dan meteorologi. Dataset ini sangat penting dalam analisis spasial karena memberikan gambaran distribusi curah hujan secara geografis dan temporal, yang menjadi dasar dalam evaluasi kinerja metode interpolasi spasial seperti IDW, Kriging, atau Spline.



Table 1 Dataset curah hujan Provinsi Sumatera Utara

Latitude	Longitude	Pos Stasiun	Periode			
			Januari	Februari	Maret	April
3.62114	98.71485	Stasiun Klimatologi Sumatera Utara	324.9	158.8	67.7	189.3
3.78824	98.71492	Stasiun Meteorologi Maritim Belawan	321.4	25.4	94.2	255.8
3.64573	98.88488	Stasiun Meteorologi Kualanamu	204	129.9	124.8	148.4
3.501	98.56	Stasiun Geofisika Deli Serdang	478.3	327.7	232.3	173.8
1.55	99.45	Stasiun Meteorologi Aek Godang	158.2	262.6	193.3	272
1.55	98.88	Stasiun Meteorologi FL Tobing	496.2	179.8	431.2	346.4
1.1649	97.7036	Stasiun Meteorologi Binaka	226.7	183.8	286	317.6
1.3	97.58	Stasiun Geofisika Gunung Sitoli	220	182.9	454.8	366.4
3.5397	98.64	Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah I	392.6	236.8	191	202.2
2.26136	98.99357	Stasiun Meteorologi Silangit	260	85	244.6	311.3

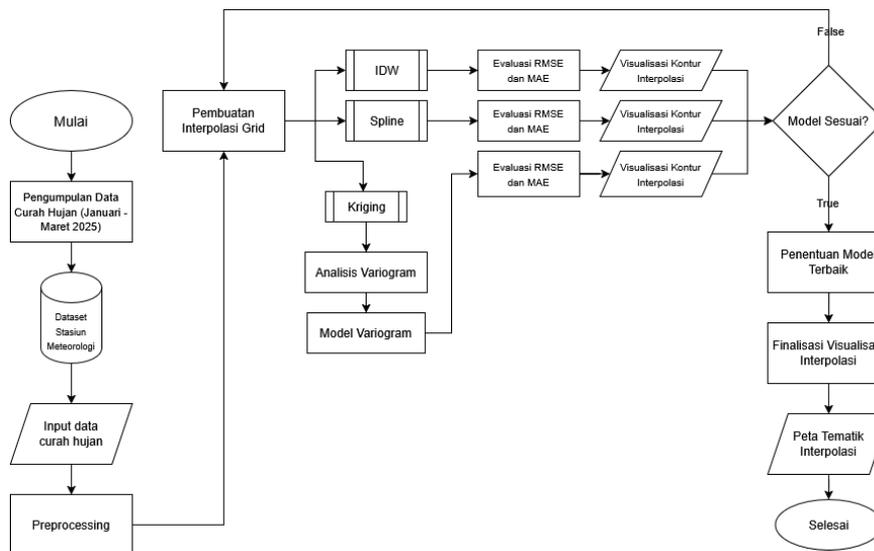
Gambar 1 menyajikan sebaran lokasi stasiun meteorologi di Provinsi Sumatera Utara. Setiap titik pada peta merepresentasikan posisi geografis stasiun yang digunakan sebagai sumber data curah hujan. Peta ini dilengkapi dengan legenda yang mencantumkan nama masing-masing stasiun klimatologi dan meteorologi, sehingga memudahkan identifikasi dan analisis distribusi spasial data.



Gambar 1 Stasiun Meteorologi Sumatera Utara

2.2. Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian ini disusun untuk membandingkan kinerja tiga metode interpolasi spasial, yaitu IDW, *Ordinary Kriging*, dan *Spline*, dalam memodelkan distribusi curah hujan di Provinsi Sumatera Utara. Proses penelitian dimulai dengan pengumpulan data curah hujan dari stasiun-stasiun meteorologi yang tersebar di wilayah studi, diikuti dengan tahap praproses data untuk memastikan kelengkapan dan konsistensi. Selanjutnya, masing-masing metode interpolasi diterapkan untuk menghasilkan peta distribusi curah hujan. Hasil interpolasi kemudian dievaluasi menggunakan indikator statistik seperti *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) untuk menilai tingkat akurasi dan kesesuaian model. Alur lengkap dari tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2, yang menggambarkan secara sistematis proses dari input data hingga analisis hasil.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

2.3. Praproses Data

Tahap praproses data merupakan langkah awal yang penting sebelum dilakukan analisis utama. Dalam penelitian ini, data curah hujan harian yang diperoleh dari 10 stasiun pengamatan di Provinsi Sumatera Utara untuk periode Januari hingga April 2025 dipersiapkan terlebih dahulu agar siap digunakan dalam proses interpolasi. Tahap praproses dilakukan dengan mengelompokkan data berdasarkan bulan dan lokasi stasiun. Untuk setiap stasiun, data curah hujan harian dijumlahkan dan dihitung rata-ratanya untuk menghasilkan nilai curah hujan bulanan. Nilai rata-rata bulanan ini kemudian digunakan sebagai representasi curah hujan di masing-masing stasiun pada setiap bulan. Hasil akhir dari tahap ini adalah kumpulan data curah hujan bulanan dari Januari hingga April 2025 yang telah terstruktur dan siap digunakan dalam analisis spasial menggunakan metode interpolasi.

2.4. Inverse Distance Weighting (IDW)

Inverse Distance Weighting (IDW) merupakan metode analisis spasial dari interpolasi untuk menduga ukuran-ukuran yang tidak diketahui sebagai rata-rata berbobot dengan menggunakan ukuran-ukuran yang diketahui pada titik terdekat (memberikan bobot terbesar ke titik terdekat). Pada metode IDW, sangat memperhatikan jarak sehingga diasumsikan tingkat korelasi dihasilkan dari titik yang ditaksir dengan data penaksir. Posisi data penaksir tidak mempengaruhi nilai bobot, sehingga bobot akan berubah secara linier. Persamaan IDW ditunjukkan pada persamaan (1) [4].

$$\hat{z}_j = \frac{\sum_i \frac{z_i}{d_{ij}^n}}{\sum_i \frac{1}{d_{ij}^n}} \quad (1)$$



Keterangan :

- \hat{z}_j : perkiraan nilai titik yang ditaksir
- z_i : nilai titik penaksir ke-i
- d_{ij} : jarak antara titik i ke titik j
- n : pengaruh poin titik terdekat

2.5. Spline

Spline merupakan metode analisis spasial dengan meminimumkan kelengkungan seluruh permukaan dengan fungsi matematis dalam mengestimasi suatu nilai [5]. Model *spline* dapat dilihat pada persamaan (2).

$$S_{(x,y)} = T_{(x,y)} + \sum_{j=i}^N \lambda_j R(r_j) \tag{2}$$

Keterangan :

- λ_j : koefisien yang ditemukan
- r_j : jarak antara titik (x,y) ke titik j
- N : jumlah titik
- j : 1, 2, ..., n

2.6. Ordinary Kriging

Ordinary Kriging merupakan metode analisis spasial yang memboboti nilai-nilai tetangga yang diukur untuk menurunkan prediksi pada setiap lokasi, dengan didasari oleh jarak antara titik yang diukur dan lokasi yang diprediksi serta pengaturan spasial dalam bobot seperti nilai autokorelasi spasial harus dihitung secara keseluruhan diantara titik-titik yang terukur. Model umum *ordinary kriging* seperti pada persamaan (3) [6].

$$z(s) = m + e(s) \tag{3}$$

Dengan model didasarkan pada nilai rerata konstan untuk data dan random galat dengan dependensi spasial yang diasumsikan bersifat *intrinsically stationary*. Sehingga prediktor ditentukan sebagai penjumlahan berbobot dari data seperti pada persamaan (4) .

$$\hat{z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(s_i) \tag{4}$$

Keterangan :

- $z(s_i)$: nilai yang diukur pada lokasi ke-i
- λ_i : bobot yang tidak diketahui nilainya untuk nilai terukur pada lokasi ke-i
- s_0 : lokasi prediksi
- N : banyaknya nilai yang diukur

2.7. Evaluasi hasil

Sebuah model menghasilkan sebuah pengukuran yang tidak sepenuhnya sama persis dengan dengan data aktualnya, sehingga perlu dilakukannya evaluasi model.

2.7.1. Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error (RMSE) adalah metode pengukuran dengan mengukur perbedaan nilai dari prediksi sebuah model sebagai estimasi atas nilai yang diobservasi. Metode estimasi yang mempunyai nilai RMSE lebih kecil dikatakan lebih akurat daripada metode estimasi yang mempunyai nilai RMSE lebih besar. Persamaan RMSE ditunjukkan pada persamaan (5).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \tag{5}$$



2.7.2. Mean Absolute Error (MAE)

Mean Absolute Error (MAE) merupakan pengukuran perbedaan keseluruhan nilai prediksi dengan nilai aktual dan dihitung rata-ratanya. Persamaan untuk MAE ditunjukkan pada persamaan (6).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (6)$$

Keterangan :

y_i : nilai aktual pada data ke-i

\hat{y}_i : nilai prediksi pada data ke-i

n : jumlah data

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

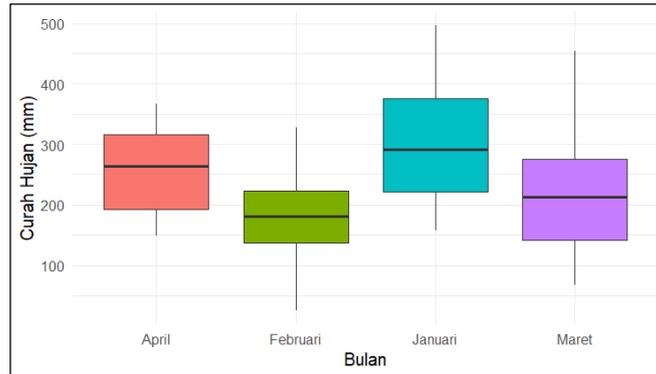
3.1. Eksplorasi Data

Hasil analisis deskriptif pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan rata-rata 308,2 mm, diikuti oleh April (258,3 mm), Maret (232 mm), dan terendah pada Februari (177,3 mm). Nilai maksimum juga tercatat tertinggi pada Januari (496,2 mm) dan terendah pada Februari (327,7 mm). Variasi curah hujan yang diukur dengan standar deviasi menunjukkan nilai tertinggi pada bulan Maret (130,4 mm), sedangkan variasi terendah terjadi pada April (76,8 mm). Hal ini menunjukkan bahwa Januari merupakan puncak musim hujan, sementara April memiliki distribusi curah hujan yang paling merata.

Tabel 2. Analisis Deskriptif

Statistik	Januari	Februari	Maret	April
Min.	158.2	25.4	67.7	148.4
Median	290.7	181.3	212.8	263.9
Mean	308.2	177.3	232	258.3
Max.	496.2	327.7	454.8	366.4
Standar Deviasi	116.4	86.73	130.4	76.8

Gambar 3 menyajikan visualisasi boxplot yang menggambarkan sebaran curah hujan bulanan dari Januari hingga April 2025 di Provinsi Sumatera Utara. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa distribusi data curah hujan pada masing-masing bulan berada dalam rentang yang wajar, tanpa menunjukkan adanya nilai pencilan (outlier) yang mencolok. Hal ini ditunjukkan oleh tidak adanya titik data yang berada di luar batas bawah maupun batas atas dari setiap boxplot, yang biasanya ditandai dengan simbol khusus seperti titik atau bintang[7]. Ketiadaan outlier ini mengindikasikan bahwa seluruh data yang diperoleh dari stasiun pengamatan memiliki konsistensi yang baik dan dapat dianggap representatif terhadap kondisi curah hujan di wilayah studi. Dengan demikian, seluruh data yang tersedia dapat digunakan secara utuh dalam proses analisis interpolasi tanpa perlu dilakukan pembersihan atau penghapusan data ekstrem.



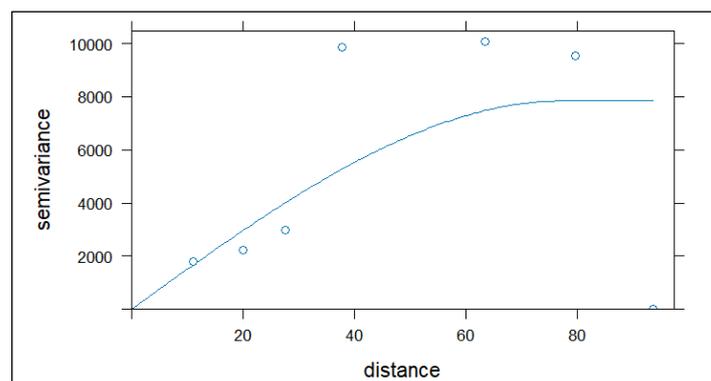
Gambar 3 Pendeteksian outlier dengan boxplot

Uji kenormalan merupakan langkah penting dalam analisis statistik untuk memastikan bahwa data yang digunakan memenuhi asumsi distribusi normal, yang menjadi dasar bagi banyak metode analisis lanjutan. Dalam penelitian ini, uji kenormalan dilakukan terhadap data curah hujan bulanan dari 10 stasiun pengamatan di Provinsi Sumatera Utara untuk periode Januari hingga April 2025. Metode yang digunakan adalah Anderson-Darling Test, yang dikenal memiliki sensitivitas tinggi terhadap penyimpangan dari distribusi normal, terutama pada bagian ekor distribusi[8]. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai statistik uji sebesar $A = 0.19422$ dengan $p\text{-value} = 0.8533$. Karena nilai $p\text{-value}$ jauh lebih besar dari tingkat signifikansi yang ditetapkan ($\alpha = 0.05$), maka tidak terdapat cukup bukti untuk menolak hipotesis nol (H_0) yang menyatakan bahwa data berdistribusi normal. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti distribusi normal, sehingga layak untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan pendekatan statistik parametrik[9].

3.2. Interpolasi Ordinary Kriging

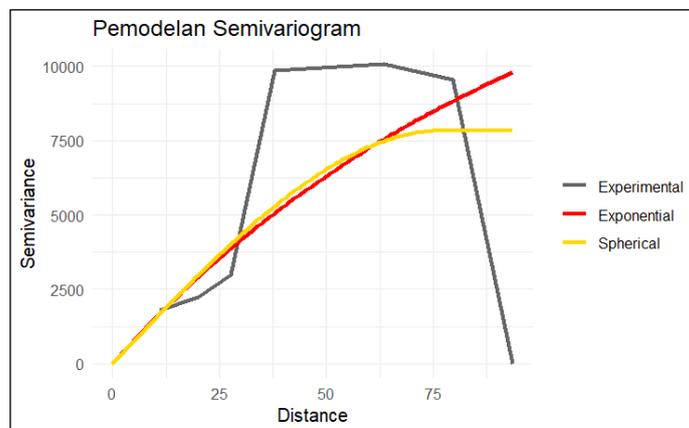
3.2.1. Variogram

Gambar 4 menunjukkan grafik semivariogram yang menggambarkan hubungan antara jarak spasial dan tingkat variasi nilai curah hujan antar lokasi pengamatan. Terlihat bahwa nilai semivarian meningkat seiring bertambahnya jarak antar titik, yang mengindikasikan adanya autokorelasi spasial positif, artinya lokasi-lokasi yang berdekatan cenderung memiliki nilai curah hujan yang lebih mirip dibandingkan lokasi yang berjauhan [10]. Peningkatan semivarian yang tajam terjadi hingga jarak sekitar 80 km, setelah itu grafik mulai mendatar, menunjukkan bahwa korelasi spasial mulai melemah dan akhirnya hilang setelah jarak tersebut tercapai. Nilai semivarian maksimum, atau sill, berada di kisaran 10.000, yang mencerminkan batas maksimum variasi data yang dapat dijelaskan oleh struktur spasial. Pola ini menunjukkan bahwa terdapat struktur spasial yang signifikan dalam data curah hujan hingga jarak tertentu, dan setelah melewati jarak tersebut, nilai curah hujan antar lokasi menjadi tidak saling berkorelasi secara spasial[11].



Gambar 4 Grafik variogram curah hujan

Gambar 5 menyajikan perbandingan antara semivariogram eksperimental dengan dua model teoretis, yaitu model eksponensial (ditampilkan dalam warna merah) dan model spherical (ditampilkan dalam warna kuning). Kurva semivariogram eksperimental menunjukkan pola peningkatan nilai semivarian seiring bertambahnya jarak antar titik hingga sekitar 80 km, kemudian grafik mulai mendatar. Pola ini mengindikasikan adanya struktur spasial yang kuat hingga jarak tersebut, setelah itu korelasi spasial antar titik mulai melemah. Model eksponensial menunjukkan peningkatan semivarian yang lebih lambat dan cenderung tidak mencapai titik datar secara eksplisit, mencerminkan korelasi spasial yang menurun secara bertahap tanpa batas yang jelas. Sebaliknya, model spherical mencapai nilai maksimum semivarian (sill) lebih cepat dan kemudian mendatar, yang menunjukkan adanya jarak maksimum (range) di mana korelasi spasial masih signifikan [12]. Perbandingan ini penting dalam pemilihan model variogram yang paling sesuai untuk digunakan dalam metode interpolasi seperti Kriging, karena bentuk model memengaruhi hasil estimasi spasial secara signifikan.



Gambar 5 Pemodelan Variogram

Hasil evaluasi model yang disajikan pada **Tabel 3** menunjukkan bahwa model spherical memberikan performa terbaik dalam memodelkan distribusi spasial curah hujan, dengan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 53.52 dan *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 43.52. Nilai tersebut setara dengan sekitar 26.8% dan 21.8% dari rata-rata curah hujan, yang menunjukkan tingkat kesalahan prediksi yang relatif rendah. Sebagai perbandingan, model eksponensial menghasilkan nilai RMSE dan MAE yang lebih tinggi, masing-masing sebesar 29.9% dan 24.9% dari rata-rata curah hujan. Performa yang lebih baik dari model spherical ini menunjukkan bahwa model tersebut lebih mampu merepresentasikan struktur spasial data curah hujan di wilayah studi, terutama karena kemampuannya dalam menangkap batas jarak korelasi spasial secara lebih jelas melalui parameter range dan sill yang terdefinisi dengan baik [11]. Oleh karena itu, model spherical dipilih sebagai model terbaik dan digunakan dalam proses interpolasi curah hujan pada penelitian ini.

Tabel 3. Evaluasi Model

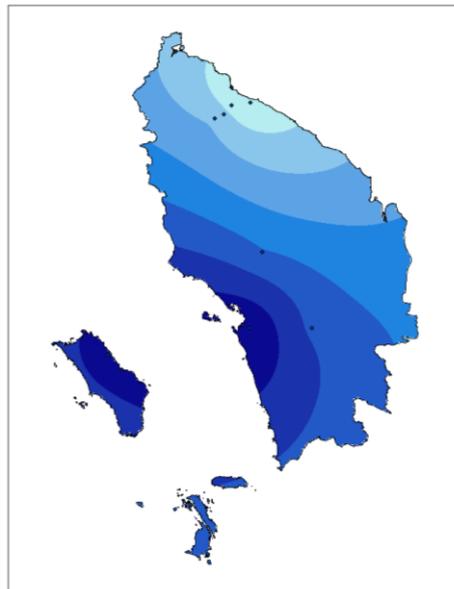
Model	RMSE	MAE
Exponential	59.85	49.72
Spherical	53.52	43.52

3.2.2. Hasil Interpolasi *Ordinary Kriging*

Peta pada **Gambar 6** menyajikan distribusi spasial curah hujan rata-rata selama periode Januari hingga April 2025 di Provinsi Sumatera Utara. Warna pada peta merepresentasikan intensitas curah hujan, di mana gradasi warna biru yang semakin gelap menunjukkan curah hujan yang semakin tinggi, sedangkan warna biru yang lebih terang menunjukkan curah hujan yang lebih rendah. Berdasarkan pola yang terlihat, wilayah bagian selatan Provinsi Sumatera Utara cenderung



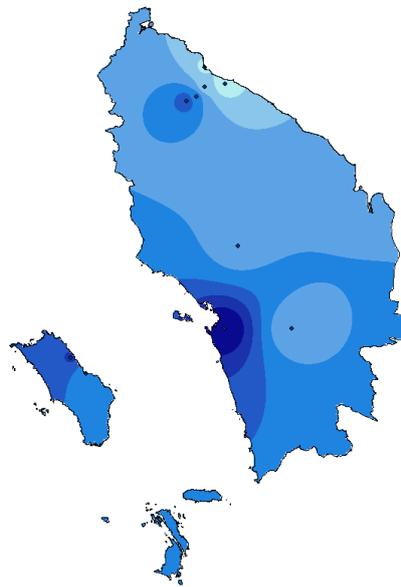
memiliki curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah utara yang menunjukkan intensitas curah hujan lebih rendah. Titik-titik hitam pada peta menunjukkan lokasi stasiun pengamatan cuaca yang menjadi sumber data utama dalam penelitian ini. Sementara itu, area yang tidak memiliki data pengamatan langsung diprediksi nilai curah hujannya menggunakan metode interpolasi Ordinary Kriging, yang mempertimbangkan jarak antar titik serta struktur spasial data berdasarkan model semivariogram yang telah ditentukan sebelumnya[13]. Metode Kriging terbukti efektif dalam menghasilkan peta distribusi curah hujan yang akurat dan representatif, terutama di wilayah dengan keterbatasan jumlah stasiun pengamatan.



Gambar 6 Peta Interpolasi Curah Hujan dengan Ordinary Kriging

3.3. Interpolasi Inverse Distance Weighted (IDW)

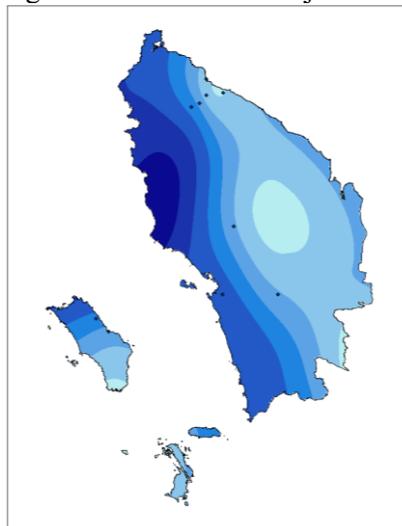
Dalam penelitian ini, metode interpolasi spasial IDW digunakan untuk memperkirakan nilai curah hujan di lokasi-lokasi yang tidak memiliki pengamatan langsung, berdasarkan data curah hujan rata-rata dari 10 stasiun pengamatan di Provinsi Sumatera Utara selama periode Januari hingga April 2025. Metode IDW menghitung nilai prediksi pada suatu titik berdasarkan kontribusi dari titik-titik pengamatan terdekat, di mana titik yang lebih dekat memiliki bobot yang lebih besar dalam perhitungan nilai interpolasi[2]. Peta pada **Gambar 7** menunjukkan hasil interpolasi IDW, dengan gradasi warna biru yang merepresentasikan tingkat curah hujan: warna biru tua menunjukkan wilayah dengan curah hujan tinggi, yang umumnya berada di kawasan pegunungan, sedangkan warna biru muda menunjukkan wilayah dengan curah hujan rendah, seperti dataran rendah atau daerah yang terlindung secara topografis. Pola ini sejalan dengan fenomena orografis, di mana daerah dengan elevasi lebih tinggi cenderung menerima curah hujan lebih besar akibat pengangkatan massa udara lembap oleh lereng pegunungan [3]. Hasil ini menunjukkan bahwa metode IDW mampu menangkap variasi spasial curah hujan yang dipengaruhi oleh kondisi geografis wilayah.



Gambar 7 Peta Interpolasi Curah Hujan dengan IDW

3.4. Interpolasi Spline

Metode interpolasi *Spline* dalam penelitian ini digunakan untuk menghasilkan permukaan kontur curah hujan yang halus dan kontinu secara spasial. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam menangkap variasi lokal dan menghasilkan transisi nilai yang mulus antar titik pengamatan, sehingga cocok untuk menggambarkan fenomena alam seperti distribusi curah hujan yang bersifat gradual [1]. Peta pada Gambar 8 menunjukkan hasil interpolasi dengan metode Spline, di mana pola sebaran curah hujan tampak halus dan tidak terfragmentasi. Wilayah dengan curah hujan tertinggi terlihat berada di bagian barat, khususnya di barat daya dan barat laut, yang ditandai dengan gradasi warna biru tua. Sebaliknya, wilayah timur dan tenggara menunjukkan intensitas curah hujan yang lebih rendah, ditunjukkan oleh warna biru muda hingga cyan. Hasil interpolasi ini mencerminkan pengaruh topografi dan kedekatan dengan garis pantai terhadap distribusi curah hujan, di mana daerah pegunungan dan wilayah yang lebih terbuka terhadap angin laut cenderung menerima curah hujan lebih tinggi [1]. Metode Spline terbukti efektif dalam menggambarkan pola spasial yang alami, meskipun perlu kehati-hatian karena metode ini dapat menghasilkan nilai ekstrem jika tidak dikendalikan dengan baik.



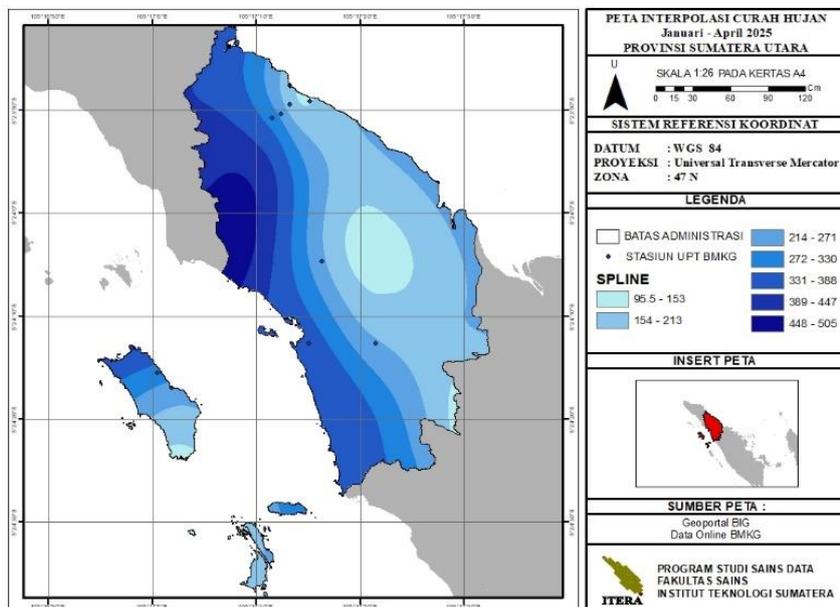
Gambar 8 Peta Interpolasi Curah Hujan dengan Spline

3.5. Evaluasi Metode Interpolasi

Hasil evaluasi yang ditampilkan pada **Tabel 4** menunjukkan bahwa metode interpolasi Spline memberikan performa terbaik dalam memodelkan distribusi curah hujan di Provinsi Sumatera Utara untuk periode Januari hingga April 2025. Metode ini menghasilkan nilai Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 17.764 dan Mean Absolute Error (MAE) sebesar 11.111, yang merupakan nilai terendah dibandingkan metode lainnya. Nilai RMSE dan MAE yang lebih rendah menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan prediksi yang lebih kecil dan lebih mampu merepresentasikan pola distribusi curah hujan secara akurat. Sebaliknya, metode Inverse Distance Weighting (IDW) menunjukkan performa terburuk dengan nilai RMSE dan MAE tertinggi, yang mengindikasikan bahwa metode ini kurang sesuai untuk digunakan pada data curah hujan di wilayah studi ini. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa metode Spline lebih unggul dalam menangkap variasi lokal curah hujan, terutama di wilayah dengan topografi kompleks.

Tabel 4. Evaluasi Metode Interpolasi

Metode	RMSE	MAE
<i>Ordinary Kriging</i>	53.52	43.52
IDW	71.631	58.929
<i>Spline</i>	17.674	11.111



Gambar 9 Peta Tematik hasil interpolasi spline

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini membandingkan tiga metode interpolasi spasial *Inverse Distance Weighting* (IDW), *Spline*, dan *Ordinary Kriging* dalam memodelkan distribusi curah hujan di Provinsi Sumatera Utara pada kuartal pertama tahun 2025. Berdasarkan hasil interpolasi menggunakan metode Spline, area di sekitar Stasiun Geofisika dan Stasiun Meteorologi Tobing menunjukkan intensitas curah hujan yang lebih tinggi, ditandai dengan warna biru yang lebih gelap (sekitar 369–447 mm), dibandingkan area di



sekitar stasiun lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa wilayah tersebut menerima curah hujan yang lebih besar selama periode pengamatan. Evaluasi model menggunakan metrik *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE) menunjukkan bahwa metode Spline memiliki performa terbaik, dengan nilai RMSE sebesar 17.674 dan MAE sebesar 11.111, lebih rendah dibandingkan metode IDW dan Kriging. Nilai kesalahan yang rendah ini menunjukkan bahwa metode Spline lebih akurat dalam merepresentasikan variasi spasial curah hujan di wilayah studi. Oleh karena itu, metode spline direkomendasikan untuk digunakan dalam pemetaan distribusi curah hujan, terutama ketika data pengamatan terbatas pada titik-titik tertentu seperti stasiun meteorologi.

REFERENSI

- [1] A. Kurniawan, E. Makmur, dan S. Supari, “MENENTUKAN METODE INTERPOLASI SPASIAL CURAH HUJAN BULANAN TERBAIK DI JAWA TIMUR,” *Seminar Nasional Geomatika*, 2021, doi: 10.24895/sng.2020.0-0.1142.
- [2] H. Kurniadi, E. Aprilia, J. B. Utomo, A. Kurniawan, dan A. Safril, “Perbandingan Metode IDW Dan Spline dalam Interpolasi Data Curah Hujan (Studi Kasus Curah Hujan Bulanan Di Jawa Timur Periode 2012-2016),” *Prosiding Seminar Nasional GEOTIK*, 2018.
- [3] S. C. Noviadi, “Kajian Curah Hujan Wilayah Pada Stasiun ARR di DAS Babak WS Lombok Dengan Metode Isohyet Interpolasi IDW, Dan Spline Terhadap Realisasi Stasiun MRG,” dalam *Pertemuan Ilmiah Tahunan HATHI ke-37*, 2020.
- [4] D. Shepard, “A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data,” dalam *Proceedings of the 1968 23rd ACM National Conference, ACM 1968*, 1968. doi: 10.1145/800186.810616.
- [5] I. Juhász dan Á. Róth, “A scheme for interpolation with trigonometric spline curves,” *J Comput Appl Math*, vol. 263, 2014, doi: 10.1016/j.cam.2013.12.034.
- [6] H. B. Lakew dan S. A. Moges, “Comparison of Spatial Interpolation Techniques of Rainfall for Hydrological Applications in a Complex Mountainous Region of the Upper Blue Nile Basin,” dalam *Springer Geography*, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-76437-1_24.
- [7] P. R. Sihombing, S. Suryadiningrat, D. A. Sunarjo, dan Y. P. A. C. Yuda, “Identifikasi Data Outlier (Pencilan) dan Kenormalan Data Pada Data Univariat serta Alternatif Penyelesaiannya,” *Jurnal Ekonomi Dan Statistik Indonesia*, vol. 2, no. 3, 2023, doi: 10.11594/jesi.02.03.07.
- [8] J. Neamvonk dan B. Phuenaree, “New Modified Anderson Darling Goodness of Fit Test for Lognormal and Gamma distributions,” *Asian Journal of Applied Sciences*, vol. 10, no. 6, 2023, doi: 10.24203/ajas.v10i6.7124.
- [9] J. O. Fallo, A. Setiawan, dan B. Susanto, “Uji Normalitas Berdasarkan Metode Andersondarling, Cramer-Von Miss dan Lilliefors Menggunakan Metode Bootstrap,” *Proseeding SemNas Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 9, no. 4, 2013.
- [10] P. P. Simanjuntak, S. I. Sugiarto, dan ..., “Variografi dalam Analisis Variabilitas dan Perencanaan Observasi Curah Hujan Bulanan di Kalimantan, Sulawesi, dan Papua Variography of Variability ...,” 2018.
- [11] S. J. Pririzki, Navita Sari, Bella Agustin, dan Yohanes Razaf Eriko Simbolon, “PENERAPAN MODEL SEMIVARIOGRAM EKSPERIMENTAL PADA CURAH HUJAN BULANAN DI INDONESIA,” *Fraction: Jurnal Teori dan Terapan Matematika*, vol. 2, no. 1, 2022, doi: 10.33019/fraction.v1i2.20.
- [12] T. B. WKM, D. Chaerani, dan B. N. Ruchjana, “Eksplorasi Software R Untuk Fitting Semivariogram Spherical Menggunakan Pemrograman Linear dan Uji Analisis Sensitivitas,” *Jurnal Matematika Integratif*, vol. 12, no. 2, 2017, doi: 10.24198/jmi.v12.n2.11918.75-82.
- [13] A. Rachmadini Chandrarien, D. Harisuseno, dan S. Wahyuni, “Pemetaan Sebaran Hujan Rancangan menggunakan Metode Interpolasi Kriging di DAS Rejoso,” *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 4, no. 1, 2024, doi: 10.21776/ub.jtresda.2024.004.01.081.