

Perbandingan Interpolasi Lagrange dan Kuadratik pada Indeks Ketimpangan Gender Kabupaten Langkat

Fahrunnisa*¹⁾, Kayla Meyva Alzahra²⁾, Ita Margaretta Br Tarigan³⁾

1. Program Studi Teknik Informatika, Sains & Teknologi, Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia, Indonesia
2. Program Studi Teknik Informatika, Sains & Teknologi, Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia, Indonesia
3. Program Studi Teknik Informatika, Sains & Teknologi, Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: Indeks Ketimpangan Gender; Interpolasi Kuadratik; Interpolasi Lagrange; Kabupaten Langkat; LOOCV

Keywords: *Gender Inequality Index; Lagrange Interpolation; Langkat Regency; LOOCV; Quadratic Interpolation*

Article history:

Received: 25 Juni 2026

Revised: 26 Juni 2026

Accepted: 30 Juni 2026

Available: 1 November 2026

DOI : [10.48144/suryainformatika.v16i2.2485](https://doi.org/10.48144/suryainformatika.v16i2.2485)

* Corresponding author.

Fahrunnisa

E-mail address:

frhnns070606@gmail.com

ABSTRAK

Ketimpangan gender merupakan tantangan pembangunan yang masih relevan di berbagai daerah Indonesia, termasuk Kabupaten Langkat. Namun, data Indeks Ketimpangan Gender (IKG) yang diterbitkan BPS hanya tersedia secara tahunan, sehingga membatasi analisis pada interval waktu yang lebih rinci. Penelitian ini menerapkan dan membandingkan dua metode interpolasi numerik Interpolasi Lagrange dan Interpolasi Kuadratik untuk mengestimasi nilai IKG antartahun di Kabupaten Langkat periode 2020–2025. Akurasi dievaluasi menggunakan teknik *leave-one-out cross-validation* (LOOCV) dengan metrik MAE, MAPE, dan RMSE. Hasil menunjukkan bahwa Interpolasi Kuadratik menghasilkan nilai MAE sebesar 0,1836, MAPE sebesar 56,65%, dan RMSE sebesar 0,2182, dibandingkan dengan Interpolasi Lagrange yang menghasilkan nilai MAE sebesar 0,7167, MAPE sebesar 204,26%, dan RMSE sebesar 0,9785. Rendahnya akurasi Interpolasi Lagrange dipengaruhi oleh fenomena osilasi Runge pada polinomial berderajat tinggi, terutama pada titik ujung rentang data. Sebagai metode *piecewise*, Interpolasi Kuadratik menunjukkan performa yang lebih adaptif terhadap pola data IKG yang fluktuatif pada penelitian ini. Temuan penelitian ini memberikan referensi awal dalam pemilihan metode interpolasi numerik untuk analisis Indeks Ketimpangan Gender Kabupaten Langkat dalam konteks dan periode penelitian yang dikaji.

ABSTRACT

Gender inequality remains a pressing development challenge in many regions of Indonesia, including Langkat Regency. However, the Gender Inequality Index (GII) published by BPS is only available annually, limiting analysis at finer time intervals. This study applies and compares two numerical interpolation methods Lagrange Interpolation and Quadratic Interpolation to estimate intermediate GII values for Langkat Regency over the 2020–2025 period. Accuracy was evaluated using leave-one-out cross-validation (LOOCV) with MAE, MAPE, and RMSE as performance metrics. The results show that Quadratic Interpolation achieved an MAE of 0.1836, a MAPE of 56.65%, and an RMSE of 0.2182, compared with Lagrange Interpolation, which produced an MAE of 0.7167, a MAPE of 204.26%, and an RMSE of 0.9785. The lower accuracy of Lagrange Interpolation was influenced by Runge's oscillation phenomenon in high-degree polynomials, particularly at the endpoints of the data range. As a piecewise method, Quadratic Interpolation demonstrated better adaptability to the fluctuating pattern of GII data in this study. These findings provide an initial reference for selecting an appropriate numerical interpolation method for analyzing the Gender Inequality Index of Langkat Regency within the context and period of this study.

1. PENDAHULUAN

Ketimpangan gender merupakan salah satu tantangan pembangunan manusia yang masih dihadapi oleh berbagai daerah di Indonesia, termasuk Kabupaten Langkat. Indeks Ketimpangan Gender (IKG) adalah indikator komposit yang mengukur kesenjangan antara laki-laki dan perempuan dalam tiga dimensi utama, yaitu kesehatan reproduksi, pemberdayaan, dan pasar tenaga kerja [1][2]. Nilai IKG berkisar antara 0 hingga 1, di mana semakin rendah nilainya semakin baik capaian kesetaraan gender di suatu wilayah.

Data IKG yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) bersifat tahunan, sehingga informasi perkembangan IKG pada interval waktu yang lebih rinci tidak tersedia secara langsung [3]. Keterbatasan ini menjadi hambatan dalam memantau dan mengevaluasi efektivitas program pembangunan responsif gender secara berkelanjutan, khususnya di Kabupaten Langkat yang nilai IKG-nya menunjukkan pola fluktuatif selama periode 2020–2025.

Salah satu pendekatan numerik yang dapat digunakan untuk menganalisis data pada interval yang tidak tersedia adalah metode interpolasi. Interpolasi merupakan teknik estimasi nilai fungsi pada titik yang tidak diketahui berdasarkan sekumpulan titik data yang sudah ada [4]. Dua metode interpolasi yang umum digunakan adalah Interpolasi Lagrange yang bersifat global dan Interpolasi Kuadratik yang bersifat *piecewise* lokal, keduanya memiliki karakteristik yang berbeda dalam membentuk fungsi pendekatan dari titik-titik data.

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan metode interpolasi numerik dalam analisis data pembangunan. Zulkarnaen dkk. [5] membandingkan metode Interpolasi Newton-Gregory dan Lagrange dalam menghitung angka kemiskinan di Sumatera Selatan dan menemukan perbedaan akurasi di antara kedua metode tersebut. Furqaansyah dkk. [6] membandingkan metode Interpolasi Newton dan Lagrange menggunakan bahasa pemrograman C++ dan menemukan perbedaan performa di antara keduanya. Mansyur dkk. [7] menerapkan Interpolasi Lagrange untuk meramalkan jumlah pendapatan percapita dan memperoleh nilai MAPE di bawah 10% yang mengindikasikan akurasi sangat baik. Hanifah dkk. [8] menggunakan Interpolasi Lagrange berbantuan MATLAB untuk menganalisis dinamika pertumbuhan penduduk Kabupaten Sleman dan berhasil memodelkan tren pertumbuhan secara akurat. Sianturi dkk. [9] menerapkan Interpolasi Polinomial Lagrange untuk memprediksi pertumbuhan penduduk Indonesia dengan rata-rata peningkatan 0,54% setiap enam bulan. Hidayah dkk. [10] mengimplementasikan polinomial Lagrange untuk prediksi jumlah kelahiran di Indonesia menggunakan Microsoft Excel dan memperoleh hasil yang valid secara statistik. Firanto dan Idayani [11] membandingkan performa metode Interpolasi Newton-Gregory Maju dan Mundur dalam mengestimasi jumlah

penduduk di Provinsi Papua dan memperoleh perbedaan tingkat akurasi antara keduanya. Hurit dan Nanga [12] menerapkan Interpolasi Lagrange untuk memprediksi jumlah penduduk Provinsi Nusa Tenggara Timur dan memperoleh hasil prediksi yang mendekati data aktual. Namun, mayoritas penelitian tersebut menerapkan satu metode interpolasi pada data yang cenderung bersifat monoton atau bertren stabil, seperti pertumbuhan penduduk [8][9] atau jumlah kelahiran [10], sehingga belum teruji bagaimana performa metode interpolasi global seperti Lagrange ketika diterapkan pada data yang fluktuatif dan tidak monoton. Penelitian yang membandingkan dua metode interpolasi sekalipun, seperti Zulkarnaen dkk. [5] dan Furqaansyah dkk. [6], dilakukan pada data kemiskinan dan tidak secara spesifik menyoroti perbedaan karakteristik antara interpolasi global dan interpolasi lokal (*piecewise*) dalam merespons pola data yang berubah tajam antarperiode. Karakteristik inilah yang menjadikan data IKG Kabupaten Langkat menarik untuk dikaji: nilai IKG tidak bergerak secara monoton, melainkan mengalami kenaikan dan penurunan tajam antarwaktu, sehingga sensitivitas metode interpolasi terhadap fluktuasi data menjadi krusial untuk diuji. Pada data semacam ini, Interpolasi Lagrange yang bersifat global berpotensi mengalami osilasi Runge akibat penggunaan polinomial berderajat tinggi, sementara Interpolasi Kuadratik yang bersifat *piecewise* lokal diduga lebih adaptif karena hanya memanfaatkan titik-titik data di sekitar wilayah estimasi. Perbedaan respons antara pendekatan global dan lokal terhadap data yang fluktuatif inilah yang belum dikaji pada penelitian-penelitian terdahulu, khususnya pada data indikator pembangunan seperti IKG, dan menjadi gap yang diisi oleh penelitian ini.

Interpolasi Kuadratik dipilih sebagai pembanding karena merupakan bentuk *piecewise* paling sederhana yang mampu menangkap perubahan lokal nonlinear tanpa kompleksitas komputasi tinggi seperti *cubic spline* yang memerlukan kondisi batas tambahan. Dibandingkan metode Newton yang juga bersifat global, Interpolasi Kuadratik menawarkan pendekatan lokal yang lebih relevan untuk menguji sensitivitas metode terhadap fluktuasi data berskala kecil seperti IKG Kabupaten Langkat. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan dan membandingkan Interpolasi Lagrange dan Interpolasi Kuadratik pada data IKG Kabupaten Langkat periode 2020–2025, serta menentukan metode yang lebih akurat berdasarkan metrik MAE, MAPE, dan RMSE.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menerapkan dan membandingkan dua metode interpolasi numerik, yaitu Interpolasi Lagrange dan Interpolasi Kuadratik, pada data Indeks Ketimpangan Gender (IKG) Kabupaten Langkat periode 2020–2025. Pemilihan kedua metode ini didasarkan pada

perbedaan karakteristik pendekatannya: Interpolasi Lagrange bersifat global menggunakan seluruh titik data, sedangkan Interpolasi Kuadratik bersifat lokal (*piecewise*) yang hanya memanfaatkan tiga titik terdekat. Perbedaan inilah yang menjadi dasar perbandingan efektivitas keduanya dalam menganalisis perkembangan IKG Kabupaten Langkat secara numerik.

2.1 Sumber dan Karakteristik Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa nilai IKG tahunan Kabupaten Langkat yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Langkat. Data mencakup periode enam tahun, yaitu 2020 hingga 2025, sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Pemilihan rentang waktu ini didasarkan pada ketersediaan data yang telah dipublikasikan secara resmi oleh BPS serta adanya pola fluktuasi nilai IKG yang menarik untuk dikaji lebih lanjut menggunakan pendekatan interpolasi numerik.

Tabel 1. Data IKG Kabupaten Langkat Tahun 2020–2025

Tahun	Nilai IKG
2020	0,407
2021	0,408
2022	0,424
2023	0,231
2024	0,334
2025	0,313

Data pada Tabel 1 menunjukkan pola yang tidak monoton. Nilai IKG sempat meningkat dari 0,407 pada tahun 2020 hingga mencapai nilai tertinggi 0,424 pada tahun 2022, kemudian mengalami penurunan tajam menjadi 0,231 pada tahun 2023, naik kembali ke 0,334 pada tahun 2024, dan turun lagi menjadi 0,313 pada tahun 2025. Pola fluktuatif seperti ini menjadi tantangan tersendiri bagi metode interpolasi global seperti Interpolasi Lagrange, sekaligus menjadi alasan pentingnya pengujian metode *piecewise* seperti Interpolasi Kuadratik pada dataset IKG Kabupaten Langkat. Keterbatasan dataset yang hanya mencakup enam observasi ($n = 6$) diakui sebagai keterbatasan metodologis dalam penelitian ini. Dengan jumlah data sekecil ini, nilai metrik MAE, MAPE, dan RMSE dapat sangat sensitif terhadap satu titik ekstrem, seperti penurunan tajam pada tahun 2023. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak dimaksudkan untuk generalisasi luas, melainkan sebagai studi komparatif awal pada konteks data IKG Kabupaten Langkat.

2.2 Preprocessing Data

Tahap preprocessing dilakukan untuk mempersiapkan data sebelum proses komputasi interpolasi. Data IKG dikodekan dalam format numerik dengan variabel independen berupa tahun (x) dan variabel dependen berupa nilai IKG (y). Variabel independen x dikodekan

langsung sebagai tahun kalender (2020, 2021, ..., 2025). Meskipun normalisasi seperti $x = 0, 1, 2, \dots, 5$ dapat mengurangi risiko *error floating-point* pada polinomial berderajat tinggi, Python dengan *library* NumPy memiliki presisi numerik yang cukup robust untuk rentang nilai ini, sehingga normalisasi tidak dilakukan namun tetap diakui sebagai opsi yang dapat meningkatkan stabilitas numerik. Keenam titik data tahun 2020–2025 seluruhnya digunakan sebagai titik interpolasi dasar pada kedua metode.

2.3 Metode Interpolasi Lagrange

Interpolasi Lagrange merupakan metode interpolasi polinomial yang membentuk satu polinomial berderajat $n-1$ dari keseluruhan n titik data yang tersedia. Metode ini bersifat global karena seluruh titik data berkontribusi sekaligus dalam pembentukan satu fungsi interpolasi tunggal [4]. Nilai estimasi $P(x)$ pada titik x dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P(x) = \sum_{i=0}^{n-1} y_i L_i(x) \quad (1)$$

Dimana:

$P(x)$: nilai hasil interpolasi pada titik x

y_i : nilai data pada titik ke- i

$L_i(x)$: polinomial basis Lagrange ke- i

n : jumlah titik data yang digunakan

dengan $L_i(x)$ adalah polinomial basis Lagrange ke- i yang didefinisikan sebagai:

$$L_i(x) = \prod_{j \neq i} \frac{x - x_j}{x_i - x_j} \quad (2)$$

Dimana:

x : titik yang akan dicari nilai interpolasinya

x_i : nilai variable independen pada titik data ke- i

x_j : nilai variable independen pada titik data ke- j

i, j : indeks titik data

di mana x_i adalah nilai tahun ke- i , y_i adalah nilai IKG pada tahun ke- i , dan n adalah jumlah total titik data. Setiap basis $L_i(x)$ bernilai 1 pada titik x_i dan bernilai 0 pada semua titik data lainnya, sehingga polinomial interpolasi dijamin melewati seluruh titik data secara tepat. Dengan enam titik data ($n = 6$), Interpolasi Lagrange pada penelitian ini menghasilkan polinomial berderajat 5. Keunggulan metode ini terletak pada kemudahan implementasi dan jaminan bahwa kurva melewati semua titik data, namun pada data dengan pola fluktuatif seperti IKG Kabupaten Langkat, polinomial berderajat tinggi berpotensi mengalami fenomena osilasi Runge di antara titik-titik data [4]. Sebagai respons terhadap potensi *overfitting* dan osilasi Runge ini, penelitian tidak menerapkan strategi reduksi

derajat polinomial, melainkan membiarkan Lagrange beroperasi pada derajat penuhnya (derajat 5) agar perbandingan dengan Interpolasi Kuadratik bersifat adil dan mencerminkan karakteristik asli masing-masing metode. Dampak dari potensi osilasi ini kemudian dianalisis secara empiris melalui hasil LOOCV.

2.4 Metode Interpolasi Kuadratik

Interpolasi Kuadratik adalah metode interpolasi polinomial berderajat dua yang bersifat *piecewise*, di mana domain data dibagi menjadi segmen-segmen lokal dan setiap segmen didekati dengan fungsi parabola tersendiri [4]. Pemilihan tiga titik terdekat dilakukan berdasarkan jarak absolut antara titik estimasi x dengan setiap titik data yang tersedia. Tiga titik dengan jarak terkecil dipilih sebagai titik interpolasi. Apabila titik estimasi berada di ujung domain (*boundary*), misalnya untuk memprediksi tahun 2020, tiga titik yang dipilih adalah 2021, 2022, dan 2023 yaitu tiga titik terdekat yang tersedia dalam data latih. Untuk mengestimasi nilai pada sembarang titik x , dipilih tiga titik data terdekat dari x , yaitu (x_0, y_0) , (x_1, y_1) , dan (x_2, y_2) , kemudian dibentuk polinomial kuadratik melalui formulasi Lagrange berderajat dua:

$$P(x) = y_0L_0(x) + y_1L_1(x) + y_2L_2(x) \quad (3)$$

dengan masing-masing basis kuadratik didefinisikan sebagai:

$$L_0(x) = \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)} \quad (4)$$

$$L_1(x) = \frac{(x - x_0)(x - x_2)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)} \quad (5)$$

$$L_2(x) = \frac{(x - x_0)(x - x_1)}{(x_2 - x_0)(x_2 - x_1)} \quad (6)$$

2.5 Evaluasi Akurasi

Perbandingan akurasi antara Interpolasi Lagrange dan Interpolasi Kuadratik dilakukan melalui teknik validasi *leave-one-out cross-validation* (LOOCV). Pada setiap iterasi validasi, satu titik data dikeluarkan dari kumpulan data latih, kemudian nilainya diprediksi menggunakan sisa titik data lainnya. Proses ini diulang sebanyak enam kali sehingga setiap titik data memperoleh kesempatan menjadi data uji tepat satu kali. Teknik LOOCV dipilih karena jumlah data yang relatif terbatas ($n = 6$), sehingga teknik ini mampu memaksimalkan penggunaan data untuk pelatihan sekaligus memberikan estimasi kesalahan yang tidak bias [4]. Perlu dicatat bahwa pada iterasi LOOCV di mana titik ujung domain dihapus, seperti tahun 2020 atau 2025, proses prediksi yang dilakukan secara teknis merupakan ekstrapolasi, bukan interpolasi murni. Hal ini menjadi keterbatasan inheren dari penerapan LOOCV pada dataset dengan rentang waktu terbatas dan akan dibahas lebih lanjut pada bagian pembahasan.

Tiga metrik kesalahan digunakan sebagai tolak ukur perbandingan kinerja kedua metode, yaitu *Mean Absolute*

Error (MAE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan *Root Mean Square Error* (RMSE), dengan formulasi sebagai berikut:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (7)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% \quad (8)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (9)$$

Dimana:

MAE: *Mean Absolute Error*

$\hat{y}_i$: nilai hasil estimasi atau prediksi pada titik ke- i

MAPE: *Mean Absolute Percentage Error* (%)

RMSE: *Root Mean Square Error*

dengan y_i adalah nilai IKG aktual, $\hat{y}_i$ adalah nilai hasil estimasi metode interpolasi, dan n adalah jumlah total titik data. MAE mengukur rata-rata kesalahan absolut, MAPE menyatakan kesalahan dalam bentuk persentase sehingga memudahkan interpretasi relatif, sedangkan RMSE memberikan penalti lebih besar terhadap kesalahan yang besar karena sifatnya yang kuadratik [4]. Metode dengan nilai ketiga metrik yang lebih kecil ditetapkan sebagai metode yang lebih akurat dalam menganalisis perkembangan IKG Kabupaten Langkat periode 2020–2025. Seluruh proses komputasi diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan *library* NumPy untuk operasi numerik dan Matplotlib untuk visualisasi grafik.

2.6 Implementasi

Seluruh proses komputasi diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python. Tahapan implementasi meliputi: pertama, data IKG tahun 2020–2025 diinput sebagai *array* numerik menggunakan *library* NumPy; kedua, fungsi Interpolasi Lagrange dibangun dengan menghitung polinomial basis $L_i(x)$ untuk seluruh enam titik data; ketiga, fungsi Interpolasi Kuadratik dibangun dengan memilih tiga titik terdekat secara otomatis untuk setiap titik estimasi; keempat, LOOCV dijalankan secara iteratif untuk menghasilkan nilai prediksi pada masing-masing titik uji; kelima, nilai MAE, MAPE, dan RMSE dihitung dari selisih nilai aktual dan prediksi; dan keenam, hasil interpolasi divisualisasikan menggunakan Matplotlib dalam bentuk grafik kurva perbandingan kedua metode terhadap data aktual.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan metode penelitian yang telah dijabarkan, pada bagian ini dijelaskan secara rinci hasil penerapan Interpolasi Lagrange dan Interpolasi Kuadratik pada data IKG Kabupaten Langkat periode 2020–2025, meliputi hasil perhitungan interpolasi, hasil validasi akurasi menggunakan LOOCV, perbandingan kinerja kedua metode, serta visualisasi kurva interpolasi.

3.1. Hasil Perhitungan Interpolasi Lagrange

Interpolasi Lagrange diterapkan pada keenam titik data IKG Kabupaten Langkat tahun 2020–2025 untuk membentuk polinomial berderajat 5. Menggunakan persamaan (1) dan (2), nilai interpolasi dihitung pada setiap titik data yang ada. Karena Interpolasi Lagrange bersifat global dan polinomialnya melewati seluruh titik data secara tepat, nilai interpolasi pada titik-titik data aktual akan menghasilkan nilai yang identik dengan data aslinya. Karakteristik inilah yang kemudian diuji stabilitasnya melalui validasi LOOCV pada subbagian 3.3.

Kurva polinomial Lagrange berderajat 5 yang terbentuk dari keenam titik data IKG Kabupaten Langkat divisualisasikan bersama kurva Interpolasi Kuadratik pada Gambar 1 di subbagian 3.5.

3.2. Hasil Perhitungan Manual

Interpolasi Kuadratik diterapkan secara *piecewise* pada data IKG Kabupaten Langkat dengan memilih tiga titik terdekat untuk setiap segmen. Sebagai ilustrasi perhitungan manual, diprediksi nilai IKG tahun 2023 menggunakan teknik LOOCV di mana data tahun 2023 dikeluarkan dari data latih.

Untuk Interpolasi Lagrange, data latih yang digunakan adalah tahun 2020 (0,407), 2021 (0,408), 2022 (0,424), 2024 (0,334), dan 2025 (0,313) sehingga terbentuk polinomial berderajat 4. Nilai setiap basis Lagrange dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L_0(2023) &= \frac{(2023 - 2021)(2023 - 2022)}{(2020 - 2021)(2020 - 2022)} \\ &\quad \frac{(2023 - 2024)(2023 - 2025)}{(2020 - 2024)(2020 - 2025)} \\ &= \frac{(2)(1)(-1)(-2)}{(-1)(-2)(-4)(-5)} = \frac{4}{40} = 0,1 \\ L_1(2023) &= \frac{(2023 - 2020)(2023 - 2022)}{(2021 - 2020)(2021 - 2022)} \\ &\quad \frac{(2023 - 2024)(2023 - 2025)}{(2021 - 2024)(2021 - 2025)} \\ &= \frac{(3)(1)(-1)(-2)}{(1)(-1)(-3)(-4)} = \frac{6}{-12} = -0,5 \\ L_2(2023) &= \frac{(2023 - 2020)(2023 - 2021)}{(2022 - 2020)(2022 - 2021)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\frac{(2023 - 2024)(2023 - 2025)}{(2022 - 2024)(2022 - 2025)} \\ &= \frac{(3)(2)(-1)(-2)}{(2)(1)(-2)(-3)} = \frac{12}{12} = 1 \\ L_3(2023) &= \frac{(2023 - 2020)(2023 - 2021)}{(2024 - 2020)(2024 - 2021)} \\ &\quad \frac{(2023 - 2022)(2023 - 2025)}{(2024 - 2022)(2024 - 2025)} \\ &= \frac{(3)(2)(1)(-2)}{(4)(3)(2)(-1)} = \frac{-12}{-24} = 0,5 \\ L_4(2023) &= \frac{(2023 - 2020)(2023 - 2021)}{(2025 - 2020)(2025 - 2021)} \\ &\quad \frac{(2023 - 2022)(2023 - 2024)}{(2025 - 2022)(2025 - 2024)} \\ &= \frac{(3)(2)(1)(-1)}{(5)(4)(3)(1)} = \frac{-6}{60} = -0,1 \end{aligned}$$

Sehingga nilai prediksi Interpolasi Lagrange untuk tahun 2023 adalah:

$$\begin{aligned} P(2023) &= 0,407(0,1) + 0,408(-0,5) + 0,424(1) \\ &\quad + 0,334(0,5) + 0,313(-0,1) \\ P(2023) &= 0,041 - 0,204 + 0,424 + \\ &\quad 0,167 - 0,031 \\ &= 0,397 \end{aligned}$$

Untuk Interpolasi Kuadratik, dipilih tiga titik terdekat yaitu tahun 2021 (0,408), 2022 (0,424), dan 2024 (0,334). Nilai setiap basis kuadratik dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L_0(2023) &= \frac{(2023 - 2022)(2023 - 2024)}{(2021 - 2022)(2021 - 2024)} \\ &= \frac{(1)(-1)}{(-1)(-3)} = \frac{-1}{3} = -0,333 \\ L_1(2023) &= \frac{(2023 - 2021)(2023 - 2024)}{(2022 - 2021)(2022 - 2024)} \\ &= \frac{(2)(-1)}{(1)(-2)} = \frac{-2}{-2} = 1 \\ L_2(2023) &= \frac{(2023 - 2021)(2023 - 2022)}{(2024 - 2021)(2024 - 2022)} \\ &= \frac{(2)(1)}{(3)(2)} = \frac{2}{6} = 0,333 \end{aligned}$$

Sehingga nilai prediksi Interpolasi Kuadratik untuk tahun 2023 adalah:

$$\begin{aligned} P(2023) &= 0,408(-0,333) + 0,424(1) \\ &\quad + 0,334(0,333) \\ &= -0,136 + 0,424 + 0,111 \end{aligned}$$

Tabel 3. Perbandingan Metrik Akurasi Interpolasi Lagrange dan Kuadrat

Metrik	Lagrange	Kuadrat
MAE	0,7167	0,1836
MAPE	204,26%	56,65%
RMSE	0,9785	0,2182

$$= 0,399$$

Nilai aktual IKG tahun 2023 adalah 0,231, sehingga diperoleh error Interpolasi Lagrange sebesar $|0,231 - 0,397| = 0,166$ dan error Interpolasi Kuadrat sebesar $|0,231 - 0,399| = 0,168$. Hasil perhitungan manual ini konsisten dengan nilai yang tersaji pada Tabel 2.

3.3. Hasil Validasi Akurasi dengan LOOCV

Evaluasi akurasi dilakukan menggunakan teknik *leave-one-out cross-validation* (LOOCV) terhadap keenam titik data. Pada setiap iterasi, satu titik data dikeluarkan dan diprediksi menggunakan titik data yang tersisa. Hasil prediksi masing-masing metode dibandingkan dengan nilai aktual sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Validasi LOOCV Interpolasi Lagrange dan Kuadrat

Tahun	Aktual	Lagrange	Kuadrat	Error Lagrange	Error Kuadrat
2020	0,407	-1,247	0,183	1,654	0,224
2021	0,408	0,739	0,483	0,331	0,075
2022	0,424	0,259	0,349	0,165	0,075
2023	0,231	0,397	0,399	0,166	0,168
2024	0,334	0,003	0,194	0,331	0,140
2025	0,313	1,967	0,733	1,654	0,420

Dari Tabel 2 terlihat bahwa Interpolasi Lagrange menghasilkan prediksi yang sangat tidak stabil pada titik-titik yang berada di ujung rentang data. Prediksi pada tahun 2020 menghasilkan nilai negatif sebesar -1,247 dan prediksi pada tahun 2025 menghasilkan nilai 1,967, keduanya berada jauh di luar rentang valid IKG antara 0 hingga 1. Hal ini merupakan manifestasi nyata dari fenomena osilasi Runge pada polinomial berderajat tinggi, di mana ketidakstabilan paling parah terjadi di dekat batas-batas interval data akibat pola IKG Kabupaten Langkat yang sangat fluktuatif. Interpolasi Kuadrat menghasilkan prediksi yang lebih mendekati nilai aktual di seluruh titik data, dengan error terbesar terjadi pada tahun 2025 sebesar 0,420. Perlu dicatat bahwa error ekstrem Interpolasi Lagrange pada tahun 2020 dan 2025 tidak dapat sepenuhnya dikaitkan dengan kelemahan metode Lagrange semata. Kedua titik tersebut merupakan *boundary points* dalam LOOCV, sehingga prediksinya bersifat ekstrapolasi, bukan interpolasi murni. Hasil buruk pada titik-titik ini sebagian dapat disebabkan oleh keterbatasan desain evaluasi, bukan hanya karakteristik metode.

3.4. Perbandingan Akurasi Kedua Metode

Berdasarkan hasil perhitungan LOOCV pada Tabel 2, diperoleh nilai metrik akurasi MAE, MAPE, dan RMSE untuk masing-masing metode sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan teknik LOOCV pada dataset penelitian ini, Interpolasi Kuadrat menunjukkan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan Interpolasi Lagrange berdasarkan nilai MAE, MAPE, dan RMSE. Nilai MAE Interpolasi Kuadrat sebesar 0,1836 hampir empat kali lebih kecil dibandingkan MAE Interpolasi Lagrange sebesar 0,7167, yang berarti rata-rata kesalahan absolut per titik data pada Interpolasi Kuadrat jauh lebih rendah. Nilai MAPE Interpolasi Kuadrat sebesar 56,65% lebih dapat diterima dibandingkan MAPE Interpolasi Lagrange yang mencapai 204,26%, nilai yang jauh melampaui batas wajar akibat prediksi ekstrem pada tahun 2020 dan 2025. Nilai MAPE yang sangat tinggi pada Interpolasi Lagrange (204,26%) juga perlu diinterpretasikan dengan hati-hati. Nilai aktual IKG tahun 2023 yang relatif kecil (0,231) menyebabkan pembagi dalam formula MAPE menjadi kecil, sehingga persentase error menjadi sangat besar meskipun error absolutnya tidak terlalu besar. Pada dataset berskala kecil seperti ini, MAPE rentan terhadap distorsi oleh satu titik dengan nilai aktual mendekati nol. Nilai RMSE Interpolasi Kuadrat sebesar 0,2182 juga jauh lebih kecil dibandingkan RMSE Interpolasi Lagrange sebesar 0,9785, mengonfirmasi bahwa Interpolasi Kuadrat memiliki kesalahan yang lebih konsisten di seluruh titik data. Analisis distribusi error per titik menunjukkan bahwa error Interpolasi Lagrange sangat didominasi oleh dua titik ujung, yaitu tahun 2020 (error 1,654) dan tahun 2025 (error 1,654). Tanpa kedua titik ini, MAE Lagrange turun drastis menjadi sekitar 0,248, yang mempersempit gap performa antara kedua metode secara signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa keunggulan Interpolasi Kuadrat sebagian besar ditentukan oleh stabilitasnya pada titik-titik *boundary*, bukan pada titik-titik interior data.

Hasil ini selaras dengan karakteristik teoretis kedua metode. Interpolasi Lagrange yang membentuk polinomial tunggal berderajat tinggi cenderung tidak stabil ketika diterapkan pada data dengan pola fluktuatif seperti IKG Kabupaten Langkat, terutama akibat perubahan nilai yang sangat tajam antara tahun 2022 (0,424) dan 2023 (0,231). Sebaliknya, Interpolasi Kuadrat yang bersifat *piecewise* mampu mengakomodasi perubahan lokal tersebut dengan lebih baik karena setiap segmen hanya dipengaruhi oleh tiga titik terdekat. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian Zulkarnaen dkk. [6] yang menunjukkan bahwa

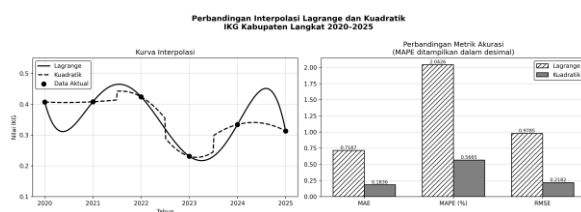
pemilihan metode interpolasi yang tepat sangat bergantung pada karakteristik pola data yang dianalisis.

Meskipun demikian, perlu diakui bahwa Interpolasi Lagrange tidak selalu inferior. Pada data yang bersifat *smooth* dan monoton dengan jumlah titik yang sedikit, polinomial Lagrange berderajat rendah dapat menghasilkan estimasi yang sangat akurat. Dengan demikian, performa Interpolasi Lagrange pada penelitian ini dipengaruhi oleh karakteristik data yang fluktuatif, jumlah titik data yang terbatas, serta adanya efek *boundary* pada proses evaluasi LOOCV, sehingga hasil tersebut tidak dapat digeneralisasi sebagai kelemahan metode Lagrange pada seluruh kasus interpolasi.

Keterbatasan penelitian ini adalah tidak diikutsertakannya metode *baseline* tambahan seperti interpolasi linear, *cubic spline*, atau metode Newton sebagai pembandingan. Tanpa *baseline* tersebut, posisi relatif Lagrange dan Kuadratik dalam spektrum metode interpolasi yang lebih luas belum dapat ditentukan secara definitif. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menyertakan metode-metode tersebut guna memperkuat validitas kesimpulan.

3.5. Visualisasi Kurva Interpolasi

Perbandingan kurva interpolasi kedua metode terhadap data aktual IKG Kabupaten Langkat divisualisasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan Kurva Interpolasi Lagrange dan Kuadratik pada IKG Kabupaten Langkat 2020-2025

Dari Gambar 1 tampak bahwa kurva Interpolasi Lagrange mengalami osilasi signifikan pada area *boundary*, dengan nilai prediksi mencapai $-1,247$ pada tahun 2020 dan $1,967$ pada tahun 2025, jauh melampaui rentang valid IKG ($0-1$). Titik osilasi maksimum terjadi pada kedua ujung domain tersebut, dengan deviasi terbesar sebesar $1,654$ pada masing-masing titik. Sebaliknya, kurva Interpolasi Kuadratik konsisten berada dalam rentang $0,183-0,733$ sepanjang periode 2020–2025, mendekati rentang data aktual ($0,231-0,424$). Area deviasi terbesar Interpolasi Kuadratik terkonsentrasi pada tahun 2025 (error $0,420$), yang bertepatan dengan titik *boundary* dan pola data yang masih fluktuatif.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan dan membandingkan dua metode interpolasi numerik pada data Indeks Ketimpangan Gender (IKG) Kabupaten Langkat periode 2020–2025. Berdasarkan hasil evaluasi pada dataset

penelitian ini menggunakan teknik *leave-one-out cross-validation* dengan metrik MAE, MAPE, dan RMSE, Interpolasi Kuadratik menunjukkan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan Interpolasi Lagrange dalam menganalisis data IKG Kabupaten Langkat periode 2020–2025. Interpolasi Kuadratik menghasilkan nilai MAE sebesar $0,1836$, MAPE sebesar $56,65\%$, dan RMSE sebesar $0,2182$, sedangkan Interpolasi Lagrange menghasilkan MAE sebesar $0,7167$, MAPE sebesar $204,26\%$, dan RMSE sebesar $0,9785$. Pada penelitian ini, Interpolasi Kuadratik menunjukkan performa yang lebih baik, yang diduga dipengaruhi oleh sifat *piecewise*-nya sehingga lebih adaptif terhadap perubahan data yang tajam dan lokal. Sebaliknya, Interpolasi Lagrange menghasilkan prediksi yang tidak stabil akibat fenomena osilasi Runge pada polinomial berderajat tinggi, terutama di titik ujung rentang data tahun 2020 dan 2025.

Perlu dicatat bahwa hasil evaluasi ini memiliki sejumlah keterbatasan. Dataset yang digunakan hanya mencakup enam observasi ($n = 6$), sehingga nilai metrik akurasi dapat sangat sensitif terhadap satu titik ekstrem. Selain itu, error Interpolasi Lagrange yang dominan pada tahun 2020 dan 2025 sebagian dapat disebabkan oleh efek ekstrapolasi pada titik-titik *boundary* dalam LOOCV, bukan semata-mata kelemahan metode. Oleh karena itu, kesimpulan ini berlaku dalam konteks dataset penelitian ini dan tidak dimaksudkan sebagai generalisasi bahwa Interpolasi Kuadratik selalu unggul untuk semua data indikator pembangunan yang fluktuatif.

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh Pemerintah Kabupaten Langkat sebagai referensi awal dalam memilih pendekatan numerik untuk analisis data IKG. Mengingat penelitian ini masih menggunakan dataset yang terbatas, penelitian selanjutnya disarankan untuk: (1) memperluas dataset dengan menambah observasi dari kabupaten atau kota lain di Sumatera Utara; (2) menyertakan metode pembandingan tambahan seperti interpolasi linear, *cubic spline*, atau metode Newton; (3) mengkaji pengaruh normalisasi variabel independen terhadap stabilitas numerik polinomial berderajat tinggi; serta (4) menggunakan rentang waktu yang lebih panjang sehingga evaluasi akurasi metode interpolasi dapat dilakukan secara lebih representatif.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik, *Indeks Ketimpangan Gender 2024*. Jakarta: BPS RI, 2025. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/en/publication/2025/07/31/83ae68c36720895d3895ec58/indeks-ketimpangan-gender-2024.html>.
- [2] United Nations Development Programme, "Gender Inequality Index (GII)," *Human Development Reports*, 2024. [Online]. Available: <https://hdr.undp.org/data-center/thematic->

- [composite-indices/gender-inequality-index](#).
- [3] BPS Kabupaten Langkat, "Indeks Ketimpangan Gender (IKG) Kabupaten Langkat 2025," Berita Resmi Statistik No. 07/05/1213, Stabat, 2026.
- [4] S. C. Chapra and R. P. Canale, *Numerical Methods for Engineers*, 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2015.
- [5] A. Zulkarnaen, N. S. Rosyada, M. I. Akbar, M. D. Ananda, C. A. Fratari, and S. Puspasari, "Perbandingan Metode Interpolasi Newton-Gregory dan Lagrange dalam Perhitungan Angka Kemiskinan di Sumatera Selatan," *INTEK: Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 1, pp. 15–24, 2024, doi: 10.37729/intek.v7i1.4100.
- [6] Y. Furqaansyah, Fauziah, A. Gunaryati, and I. Fitri, "Perbandingan Metode Interpolasi Newton dan Lagrange dengan Bahasa Pemrograman C++," *Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, vol. 6, no. 3, pp. 411–416, 2022, doi: 10.35870/jtik.v6i3.457.
- [7] N. N. Mansyur, Arman, L. Gubu, W. Somayasa, and Asnawi, "Penerapan Metode Interpolasi Lagrange dalam Meramalkan Jumlah Pendapatan pada Percetakan (Studi Kasus: Gevira Advertising)," *Jurnal Matematika, Komputasi dan Statistika*, vol. 4, no. 1, pp. 540–546, 2024, doi: 10.33772/jmks.v4i1.80.
- [8] N. Hanifah, A. Azahra, and B. Setiaji, "Analisis Dinamika Pertumbuhan Penduduk Sleman Menggunakan Model Interpolasi Lagrange," *FRAKTAL: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 6, no. 2, pp. 137–144, 2025, doi: 10.35508/fractal.v6i2.22597.
- [9] M. D. Sianturi, M. C. Lubis, G. T. Sinaga, and J. N. Manihuruk, "Prediksi Pertumbuhan Jumlah Penduduk Indonesia Menggunakan Interpolasi Polinomial Lagrange," *J-CEKI: Jurnal Cendekia Ilmiah*, vol. 4, no. 2, pp. 1315–1321, 2025, doi: 10.56799/jceki.v4i2.6766.
- [10] T. N. Hidayah, A. K. Nisa', and A. Wibowo, "Implementasi Polinomial Lagrange dalam Prediksi Jumlah Kelahiran di Indonesia Menggunakan Microsoft Excel," *De Fermat: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 8, no. 1, pp. 35–43, 2025, doi: 10.36277/defermat.v8i1.2251.
- [11] A. Firanto and D. Idayani, "Perbandingan Performa Metode Interpolasi Polinomial Newton-Gregory Maju dan Newton-Gregory Mundur dalam Mengestimasi Jumlah Penduduk di Provinsi Papua," *Jurnal Matematika Sains dan Teknologi*, vol. 23, no. 2, pp. 106–113, 2023, doi: 10.33830/jmst.v23i2.5147.2022.
- [12] R. U. Hurit and M. Y. Nanga, "Penerapan Metode Interpolasi Lagrange dalam Memprediksi Jumlah Penduduk Provinsi Nusa Tenggara Timur," *Math Educa Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 57–62, 2022, doi: 10.15548/mej.v6i1.2608.