

Implementasi Metode Monte Carlo untuk Prediksi Data Time Series Pelayanan Kesehatan Ibu Nifas (KF Lengkap) di Kota Padang

Ahmad Afif ^{a,1*}, Arnita ^{a,2}, dan Rahmayani Afrah ^{b,3}

^a Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer Jaringan, Universitas Bung Hatta, Kota Padang

^b Program Studi Kebidanan, Universitas Andalas, Kota Padang

e-mail: ¹ ahmadafif@bunghatta.ac.id, ² Arnita@bunghatta.ac.id,

³ rahmayaniafrah@gmail.com

*Corresponding author

Submitted Date: December 23rd, 2025

Revised Date: February 12th, 2026

Reviewed Date: February 9th, 2026

Accepted Date: February 20th, 2026

Abstract

Postpartum maternal health services are a key indicator in evaluating public health system performance, particularly through the coverage of Complete Postpartum Visits (KF Lengkap). The KF dataset exhibits fluctuating time series characteristics and is influenced by various external factors, making deterministic forecasting approaches less effective in capturing data uncertainty. This study aims to implement the Monte Carlo method as a probabilistic approach to predict KF coverage for 2025 in Padang City using historical data from 2020–2024. The method constructs an empirical probability distribution based on annual data changes and performs 1,000 simulation iterations for each district. The results indicate varying prediction values across regions; for example, Koto Tengah District is projected to increase from 2,998 to approximately 3,040. Model validation using simple backtesting shows a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) below 10%, indicating acceptable predictive performance. This study contributes by demonstrating the feasibility of Monte Carlo simulation for district-level health indicator forecasting, emphasizing uncertainty modeling for risk-informed decision-making. However, the results remain dependent on limited historical data and simplified probability assumptions.

Keywords: Monte Carlo simulation; prediction; time series; KF Lengkap; maternal health services

Abstrak

Pelayanan kesehatan ibu nifas merupakan indikator penting dalam evaluasi sistem kesehatan masyarakat, salah satunya melalui cakupan Kunjungan Nifas Lengkap (KF Lengkap). Data KF Lengkap memiliki karakteristik deret waktu yang fluktuatif dan dipengaruhi berbagai faktor eksternal, sehingga pendekatan prediksi deterministik sering kali kurang mampu merepresentasikan ketidakpastian data. Penelitian ini bertujuan menerapkan metode Monte Carlo sebagai pendekatan probabilistik untuk memprediksi cakupan KF Lengkap tahun 2025 di Kota Padang berdasarkan data historis 2020–2024. Metode dilakukan dengan membentuk distribusi probabilitas empiris dari perubahan data tahunan dan melakukan simulasi sebanyak 1.000 iterasi pada setiap kecamatan. Hasil menunjukkan bahwa nilai prediksi bervariasi antar wilayah; sebagai contoh, Kecamatan Koto Tengah diprediksi meningkat dari 2.998 menjadi sekitar 3.040. Validasi melalui *backtesting* sederhana menunjukkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) di bawah 10%, yang mengindikasikan performa model yang cukup baik. Penelitian ini berkontribusi dalam menunjukkan kelayakan metode Monte Carlo untuk prediksi indikator kesehatan tingkat kecamatan dengan menekankan pemodelan ketidakpastian sebagai dasar pengambilan keputusan berbasis risiko. Keterbatasan penelitian terletak pada panjang data historis yang terbatas dan asumsi distribusi probabilitas yang sederhana.

Kata kunci: simulasi Monte Carlo; prediksi; time series; KF Lengkap; pelayanan kesehatan ibu

1. Pendahuluan

Pelayanan kesehatan ibu nifas merupakan salah satu komponen penting dalam sistem kesehatan masyarakat karena berkaitan langsung dengan upaya penurunan angka kematian ibu serta peningkatan kualitas kesehatan maternal. Salah satu indikator yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas pelayanan tersebut adalah cakupan Kunjungan Nifas Lengkap (KF Lengkap), yaitu pelayanan kesehatan yang diberikan kepada ibu selama masa nifas sesuai standar pelayanan yang ditetapkan. Pemantauan indikator KF Lengkap menjadi penting karena dapat memberikan gambaran kondisi kesehatan ibu serta menjadi dasar dalam perencanaan program kesehatan, distribusi tenaga medis, dan pengambilan kebijakan layanan kesehatan daerah. Kota Padang sebagai wilayah dengan jumlah penduduk yang cukup besar memiliki variasi capaian layanan kesehatan ibu antar kecamatan, sehingga diperlukan pendekatan analisis yang mampu memberikan estimasi kondisi di masa mendatang secara lebih terukur. Oleh karena itu, prediksi data time series KF Lengkap pada tingkat kecamatan menjadi relevan untuk mendukung perencanaan layanan kesehatan yang lebih efektif dan berbasis data.

Berbagai metode telah digunakan dalam penelitian prediksi data kesehatan, termasuk pendekatan statistik klasik maupun metode komputasi modern. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode statistik seperti regresi dan time series konvensional dapat digunakan untuk memodelkan data kesehatan, namun performanya sangat dipengaruhi oleh stabilitas pola data dan jumlah observasi yang tersedia [1,2]. Selain itu, beberapa penelitian telah menerapkan teknik simulasi Monte Carlo dalam bidang kesehatan untuk memprediksi kebutuhan layanan maupun tingkat kesehatan masyarakat dengan memanfaatkan variasi perubahan data historis sebagai dasar simulasi probabilistik [3,4,5]. Pendekatan ini memungkinkan peneliti memperoleh gambaran prediksi yang mempertimbangkan ketidakpastian perubahan data.

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa simulasi Monte Carlo dapat diterapkan untuk memprediksi indikator kesehatan ibu dan jumlah kunjungan pasien dengan hasil yang cukup baik dalam merepresentasikan variasi data historis [6,7]. Selain itu, penerapan Monte Carlo pada bidang statistik dan komputasi menunjukkan bahwa metode ini memiliki fleksibilitas tinggi dalam memodelkan fenomena yang bersifat tidak pasti serta dapat digunakan pada data dengan jumlah terbatas [8]. Dalam konteks prediksi layanan kesehatan, metode berbasis data mining dan machine learning juga telah digunakan untuk meningkatkan akurasi prediksi, namun pendekatan tersebut umumnya membutuhkan jumlah data yang lebih besar serta proses komputasi yang lebih kompleks [9,10].

Secara umum, metode statistik klasik memiliki keunggulan dalam interpretasi matematis yang kuat, tetapi sering kali kurang fleksibel ketika diterapkan pada data dengan fluktuasi tinggi dan jumlah observasi terbatas. Sebaliknya, metode machine learning mampu menghasilkan akurasi yang tinggi, tetapi memerlukan dataset yang besar serta proses pelatihan model yang lebih kompleks. Kondisi tersebut menjadi tantangan ketika data historis yang tersedia relatif pendek dan menunjukkan variasi yang tinggi, seperti pada data pelayanan kesehatan ibu di tingkat kecamatan. Penelitian internasional juga menegaskan bahwa pemodelan ketidakpastian dalam data time series kesehatan memerlukan pendekatan probabilistik yang mampu merepresentasikan distribusi kemungkinan hasil, bukan hanya nilai tunggal prediksi [11,12].

Metode Monte Carlo merupakan salah satu pendekatan simulasi probabilistik yang banyak digunakan dalam berbagai bidang untuk memodelkan ketidakpastian sistem. Metode ini memanfaatkan bilangan acak untuk menghasilkan berbagai kemungkinan nilai berdasarkan distribusi probabilitas yang dibentuk dari data historis [1]. Dalam bidang kesehatan, metode Monte Carlo telah digunakan untuk memprediksi kebutuhan layanan kesehatan dan perencanaan sumber daya karena kemampuannya dalam menggambarkan variasi kemungkinan hasil secara lebih realistis [11]. Selain itu, studi komparatif menunjukkan bahwa pendekatan statistik dan machine learning memiliki keunggulan masing-masing, sehingga pemilihan metode harus disesuaikan dengan karakteristik data yang tersedia [13].

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana menghasilkan prediksi indikator KF Lengkap yang mampu merepresentasikan ketidakpastian perubahan data dengan kondisi jumlah data historis yang terbatas serta pola fluktuasi yang tidak stabil. Pendekatan prediksi deterministik tunggal cenderung menghasilkan nilai yang terlihat pasti (*false precision*) dan kurang menggambarkan variasi kemungkinan yang sebenarnya dapat terjadi. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan penerapan metode Monte Carlo dengan pendekatan simulasi perubahan data historis sebagai dasar pembentukan distribusi probabilitas, sehingga diharapkan dapat menghasilkan prediksi yang lebih realistis dibandingkan pendekatan konvensional.



Tujuan penelitian ini adalah menerapkan metode Monte Carlo untuk memprediksi nilai Kunjungan Nifas Lengkap (KF Lengkap) pada tingkat kecamatan di Kota Padang menggunakan data historis periode 2020–2024 serta menganalisis hasil prediksi yang diperoleh dengan mempertimbangkan aspek ketidakpastian. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai pendekatan alternatif dalam prediksi data pelayanan kesehatan berbasis simulasi serta menjadi dasar informasi pendukung bagi pengambilan keputusan dalam perencanaan layanan kesehatan daerah.

a. Pelayanan Kesehatan Ibu dan Permasalahan KF Lengkap

Pelayanan kesehatan ibu pada masa nifas merupakan komponen penting dalam upaya menurunkan risiko komplikasi pascapersalinan. Salah satu indikator yang digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan layanan ini adalah cakupan Kunjungan Nifas Lengkap (KF Lengkap). Di Kota Padang, capaian KF Lengkap menunjukkan fluktuasi antar tahun dan perbedaan yang cukup signifikan antar kecamatan. Kondisi ini menyulitkan Dinas Kesehatan dalam menetapkan target layanan, menyusun perencanaan program, serta mengantisipasi potensi penurunan capaian pada wilayah tertentu. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan prediksi yang mampu menggambarkan kecenderungan perubahan data KF Lengkap secara lebih adaptif.

b. Karakteristik Data KF Lengkap sebagai Deret Waktu

Data KF Lengkap bersifat deret waktu tahunan dan dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal, seperti perubahan kebijakan kesehatan, mobilitas penduduk, kapasitas fasilitas layanan, serta kondisi sosial ekonomi masyarakat. Karakteristik ini menyebabkan pola data tidak selalu mengikuti tren linier atau stabil. Pada kondisi seperti ini, pendekatan prediksi deterministik sederhana cenderung menghasilkan estimasi tunggal yang kurang mampu merepresentasikan ketidakpastian perubahan data, khususnya ketika digunakan sebagai dasar pengambilan kebijakan di tingkat kecamatan.

c. Keterbatasan Metode Prediksi Konvensional

Beberapa metode prediksi konvensional, seperti moving average, regresi tren, maupun ARIMA sederhana, telah banyak digunakan dalam analisis data deret waktu kesehatan. Namun, metode-metode tersebut umumnya berfokus pada estimasi nilai rata-rata dan memerlukan asumsi tertentu mengenai pola data. Pada data KF Lengkap yang fluktuatif dan relatif pendek, pendekatan ini berpotensi menghasilkan prediksi yang kurang responsif terhadap variasi data dan tidak secara eksplisit memodelkan ketidakpastian. Hal ini menjadi kendala ketika hasil prediksi digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis risiko.

d. Justifikasi Pemilihan Metode Monte Carlo

Metode Monte Carlo menawarkan pendekatan prediksi berbasis probabilistik dengan memanfaatkan distribusi perubahan data historis untuk menghasilkan berbagai kemungkinan nilai di masa depan. Berbeda dengan metode konvensional yang menghasilkan satu nilai prediksi, Monte Carlo memungkinkan pemodelan variasi dan ketidakpastian data secara eksplisit melalui simulasi berulang. Dalam konteks prediksi KF Lengkap di tingkat kecamatan, pendekatan ini dinilai lebih relevan karena mampu merepresentasikan dinamika perubahan capaian layanan kesehatan yang tidak selalu bersifat deterministik [1,11,12].

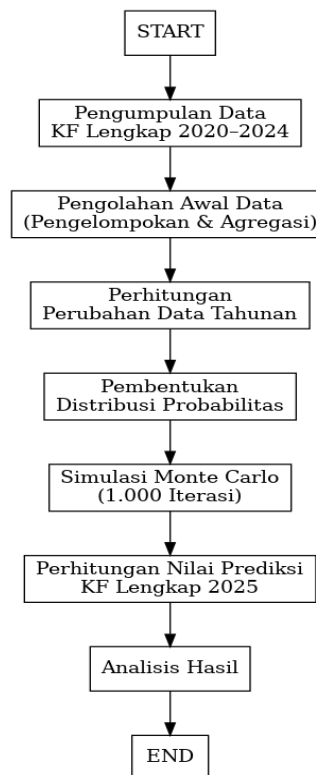
e. Penelitian Terdahulu dan Celah Penelitian (State of the Art)

Sejumlah penelitian terdahulu telah menerapkan metode Monte Carlo dalam bidang kesehatan, antara lain untuk memprediksi jumlah kunjungan pasien, kebutuhan obat, risiko kesehatan, serta indikator layanan kesehatan secara agregat. Studi-studi tersebut menunjukkan bahwa Monte Carlo efektif dalam memodelkan ketidakpastian dan menghasilkan prediksi yang adaptif terhadap variasi data [8,9]. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada data tingkat institusi atau wilayah makro, serta belum secara spesifik mengkaji indikator pelayanan kesehatan ibu seperti KF Lengkap pada level kecamatan. Selain itu, penelitian sebelumnya umumnya menekankan aspek aplikasi metode tanpa mengaitkannya secara langsung dengan kebutuhan perencanaan kebijakan kesehatan daerah. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengimplementasikan simulasi Monte Carlo untuk memprediksi KF Lengkap di tingkat

kecamatan di Kota Padang, sekaligus menekankan pemodelan ketidakpastian sebagai dasar pendukung pengambilan kebijakan kesehatan yang lebih adaptif.

2. Metodologi Penelitian

a. Alur Penelitian



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Gambar ini menunjukkan tahapan penelitian yang dimulai dari pengumpulan data KF Lengkap tahun 2020–2024, dilanjutkan dengan pengolahan data dan perhitungan perubahan data tahunan. Selanjutnya, dibentuk distribusi probabilitas empiris yang digunakan dalam simulasi Monte Carlo sebanyak 1.000 iterasi untuk memperoleh nilai prediksi KF Lengkap tahun 2025. Tahap akhir penelitian adalah analisis hasil prediksi serta penarikan kesimpulan.

b. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi komputasi. Pendekatan kuantitatif dipilih karena data yang dianalisis berupa data numerik deret waktu yang memungkinkan pemodelan matematis dan evaluasi kuantitatif terhadap hasil prediksi. Pemilihan metode simulasi Monte Carlo didasarkan pada karakteristik data KF Lengkap yang bersifat fluktuatif, berdimensi waktu pendek, dan tidak menunjukkan pola tren yang stabil. Pada kondisi tersebut, metode prediksi deterministik seperti moving average, regresi linier, atau ARIMA sederhana cenderung menghasilkan estimasi titik yang sensitif terhadap fluktuasi data dan kurang mampu merepresentasikan ketidakpastian. Sebaliknya, Monte Carlo memungkinkan pemodelan berbasis probabilitas dengan menghasilkan distribusi kemungkinan nilai prediksi, sehingga lebih sesuai untuk data pelayanan kesehatan yang mengandung unsur ketidakpastian tinggi.

c. Sumber dan Karakteristik Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Padang, berupa cakupan pelayanan kesehatan ibu dengan indikator Kunjungan Nifas Lengkap (KF Lengkap). Data mencakup seluruh kecamatan di Kota Padang dengan rentang waktu lima tahun, yaitu 2020–2024.

Data disajikan dalam bentuk angka absolut jumlah ibu nifas yang memperoleh pelayanan KF Lengkap per tahun. Setelah proses agregasi, struktur data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga atribut utama, yaitu: nama kecamatan, tahun pengamatan, dan nilai KF Lengkap. Contoh struktur data sebelum dan sesudah agregasi disajikan dalam Tabel X untuk memperjelas format data yang diproses serta mendukung reproduktibilitas penelitian. Perlu dicatat bahwa penggunaan data lima tahun menyebabkan jumlah perubahan data tahunan yang tersedia hanya empat nilai. Keterbatasan ini berimplikasi pada stabilitas distribusi probabilitas yang dibentuk, sehingga hasil simulasi sangat bergantung pada pola historis yang tersedia. Oleh karena itu, interpretasi hasil prediksi dilakukan dengan mempertimbangkan keterbatasan data tersebut.

d. Tahap *Preprocessing* Data

Tahap *preprocessing* dilakukan untuk memastikan kualitas dan konsistensi data sebelum proses simulasi. Proses ini meliputi pengelompokan data berdasarkan kecamatan dan tahun, penggabungan data KF Lengkap dari beberapa puskesmas dalam satu wilayah kecamatan, serta penyusunan data dalam bentuk deret waktu tahunan. Selain itu, dilakukan pemeriksaan kualitas data untuk mengidentifikasi kemungkinan data hilang (*missing value*) atau inkonsistensi pencatatan antar puskesmas. Apabila ditemukan data puskesmas yang tidak lengkap, nilai tersebut disesuaikan melalui agregasi dari sumber data resmi tingkat kecamatan. Dalam penelitian ini diasumsikan bahwa data hasil agregasi telah mewakili kondisi riil di lapangan dan tidak mengandung outlier ekstrem yang memerlukan perlakuan khusus.

e. Pembentukan Perubahan Data (Δ)

Perubahan data tahunan dihitung sebagai selisih absolut antara nilai KF Lengkap pada tahun berjalan dengan tahun sebelumnya. Pendekatan selisih absolut digunakan karena data yang dianalisis berupa jumlah layanan, bukan rasio atau persentase, sehingga perubahan absolut lebih relevan untuk menggambarkan dinamika penambahan atau penurunan cakupan layanan kesehatan. Penggunaan selisih absolut juga menghindari distorsi nilai yang dapat muncul pada perhitungan persentase ketika nilai dasar relatif kecil. Perubahan data tahunan ini diasumsikan merepresentasikan pola variasi historis yang akan digunakan sebagai dasar simulasi, meskipun tidak diasumsikan bersifat stasioner secara ketat mengingat keterbatasan panjang data.

f. Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas dibangun berdasarkan nilai perubahan data tahunan yang diperoleh. Dalam penelitian ini digunakan distribusi probabilitas empiris dengan asumsi peluang kemunculan yang sama (*uniform*), di mana setiap nilai perubahan memiliki probabilitas sebesar $1/n$. Asumsi distribusi *uniform* diterapkan sebagai bentuk penyederhanaan metodologis akibat keterbatasan jumlah data historis. Dengan hanya empat nilai perubahan, pembentukan distribusi berbasis frekuensi atau bobot tertentu berpotensi menghasilkan bias yang lebih besar. Oleh karena itu, distribusi *uniform* dipilih sebagai pendekatan konservatif dengan penegasan bahwa hasil simulasi sangat bergantung pada pola historis yang tersedia.

g. Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak berdistribusi *uniform* pada interval $(0,1)$. Bilangan acak tersebut kemudian dipetakan ke interval probabilitas untuk menentukan nilai perubahan data yang digunakan pada setiap iterasi. Jumlah iterasi simulasi ditetapkan sebanyak 1.000 iterasi untuk setiap kecamatan. Jumlah ini dipilih karena secara empiris dianggap cukup untuk menghasilkan nilai harapan yang stabil pada simulasi Monte Carlo dengan kompleksitas rendah, serta sejalan dengan praktik umum dalam penelitian simulasi berbasis probabilitas. Untuk menjaga reproduktibilitas hasil, simulasi dilakukan dengan menggunakan seed acak tetap pada proses pembangkitan bilangan acak [11,12].

h. Penentuan Nilai Prediksi dan Analisis Ketidakpastian

Nilai prediksi KF Lengkap tahun 2025 dihitung dengan menambahkan nilai perubahan terpilih pada setiap iterasi ke nilai KF Lengkap tahun 2024. Hasil simulasi menghasilkan sekumpulan nilai prediksi yang membentuk distribusi empiris. Selain nilai harapan (*rata-rata*), penelitian ini juga menganalisis



sebaran hasil simulasi menggunakan standar deviasi dan rentang minimum–maksimum. Analisis ini bertujuan untuk menggambarkan tingkat ketidakpastian prediksi, yang merupakan salah satu keunggulan utama pendekatan Monte Carlo dibandingkan metode prediksi deterministic.

i. Validasi dan Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan menggunakan skema back-testing sederhana. Data KF Lengkap periode 2020–2023 digunakan untuk memprediksi nilai tahun 2024, kemudian hasil prediksi dibandingkan dengan data aktual tahun 2024. Tingkat kesalahan prediksi dihitung menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Penggunaan MAPE dipilih karena metrik ini mudah diinterpretasikan dan umum digunakan dalam evaluasi prediksi data deret waktu. Nilai MAPE yang relatif rendah menunjukkan bahwa model mampu merepresentasikan pola perubahan data historis secara memadai. Sebagai pembandingan konseptual, hasil prediksi Monte Carlo dibandingkan secara deskriptif dengan pendekatan prediksi berbasis rata-rata historis, yang cenderung menghasilkan estimasi tunggal tanpa informasi ketidakpastian [1,14].

j. Keterbatasan Metodologis

Metodologi penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah data historis yang relatif pendek, sehingga distribusi probabilitas yang dibentuk bersifat sederhana dan sangat bergantung pada pola historis. Selain itu, asumsi distribusi uniform merupakan bentuk penyederhanaan yang dapat memengaruhi hasil simulasi. Meskipun demikian, pendekatan ini tetap relevan sebagai langkah awal dalam pemodelan ketidakpastian prediksi indikator pelayanan kesehatan ibu di tingkat kecamatan.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Hasil *Preprocessing* Data KF Lengkap

Berdasarkan data yang telah melalui tahap *preprocessing*, diperoleh data deret waktu cakupan Kunjungan Nifas Lengkap (KF Lengkap) pada setiap kecamatan di Kota Padang selama periode 2020–2024. Data tersebut merupakan hasil agregasi cakupan pelayanan KF Lengkap dari seluruh puskesmas yang berada di masing-masing kecamatan, sehingga merepresentasikan capaian layanan pada level wilayah kecamatan. Sebagai contoh, Tabel 1 menyajikan data deret waktu KF Lengkap untuk Kecamatan Koto Tengah setelah proses agregasi dan pembersihan data.

Tabel 1. Data KF Lengkap Kecamatan Koto Tengah Tahun 2020–2024

Tahun	KF Lengkap
2020	2.821
2021	2.388
2022	2.535
2023	2.619
2024	2.998

Berdasarkan Tabel 4, nilai KF Lengkap di Kecamatan Koto Tengah berada pada rentang 2.388 hingga 2.998 selama periode pengamatan. Nilai terendah terjadi pada tahun 2021, sedangkan nilai tertinggi dicapai pada tahun 2024. Secara umum, data menunjukkan pola fluktuatif, dengan penurunan tajam pada awal periode pengamatan, diikuti oleh kecenderungan peningkatan bertahap pada tahun-tahun berikutnya. Rentang variasi nilai sebesar 610 kunjungan (selisih maksimum–minimum) mengindikasikan bahwa perubahan capaian KF Lengkap antar tahun relatif signifikan dibandingkan dengan level datanya. Karakteristik ini menunjukkan bahwa data tidak mengikuti pola tren linier yang stabil, melainkan dipengaruhi oleh dinamika eksternal dan kondisi layanan kesehatan yang berubah dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, data KF Lengkap memiliki tingkat ketidakpastian yang cukup tinggi, sehingga memerlukan pendekatan prediksi yang mampu merepresentasikan variasi dan ketidakpastian perubahan data secara eksplisit.



b. Perhitungan Perubahan Data Kecamatan Koto Tangah

Langkah selanjutnya dalam penerapan metode Monte Carlo adalah menghitung perubahan nilai KF Lengkap antar tahun. Perubahan data dihitung sebagai selisih antara nilai KF Lengkap pada tahun berjalan dengan nilai pada tahun sebelumnya, yang dinyatakan sebagai Δ (delta). Nilai perubahan ini merepresentasikan dinamika peningkatan atau penurunan capaian layanan dari waktu ke waktu dan menjadi dasar pembentukan distribusi probabilitas empiris dalam simulasi Monte Carlo.

Sebagai contoh, perubahan data KF Lengkap di Kecamatan Koto Tangah dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta_{2021} &= 2.388 - 2.821 = -433 \\ \Delta_{2022} &= 2.535 - 2.388 = 147 \\ \Delta_{2023} &= 2.619 - 2.535 = 84 \\ \Delta_{2024} &= 2.998 - 2.619 = 379\end{aligned}$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa perubahan data di Kecamatan Koto Tangah bersifat tidak monoton, dengan adanya nilai perubahan negatif dan positif. Penurunan terbesar terjadi pada periode 2020–2021, sedangkan peningkatan terbesar terjadi pada periode 2023–2024. Pola ini mengindikasikan bahwa cakupan pelayanan KF Lengkap tidak selalu meningkat secara konsisten, tetapi sangat dipengaruhi oleh kondisi dan dinamika tertentu pada masing-masing periode. Untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif, ringkasan statistik perubahan data KF Lengkap untuk seluruh kecamatan di Kota Padang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Statistik Perubahan Data KF Lengkap (Δ) Per Kecamatan

Kecamatan	$\Delta_{\min}$	$\Delta_{\max}$	$\Delta_{\text{rata-rata}}$
Koto Tangah	-433	379	44,25
Kuranji	-252	205	45,00
Bungus	-34	67	16,50
Lubuk Kilangan	-137	43	-12,25
Lubuk Begalung	-24	199	56,25
Padang Selatan	-111	35	-12,25
Padang Timur	-130	160	2,25
Padang Barat	-132	24	-53,00
Padang Utara	-76	71	4,25
Nanggalo	-115	77	-12,00
Pauh	-124	77	-37,50

Berdasarkan tabel tersebut, dapat diamati bahwa nilai perubahan tahunan KF Lengkap antar kecamatan memiliki rentang yang cukup lebar, mulai dari penurunan terbesar sebesar -433 hingga peningkatan terbesar sebesar 379. Jika dibandingkan dengan level data KF Lengkap masing-masing kecamatan yang berada pada kisaran ratusan hingga ribuan, perubahan tersebut tergolong signifikan secara relatif, terutama pada kecamatan dengan jumlah cakupan yang besar seperti Koto Tangah dan Kuranji. Variasi perubahan yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa dinamika data KF Lengkap tidak bersifat stabil dan sulit diprediksi menggunakan pendekatan deterministik sederhana. Oleh karena itu, nilai perubahan tahunan (Δ) ini selanjutnya digunakan sebagai dasar pembentukan distribusi probabilitas empiris dalam simulasi Monte Carlo untuk memodelkan ketidakpastian prediksi secara lebih realistis.

c. Distribusi Probabilitas Perubahan Data

Distribusi probabilitas dibentuk berdasarkan nilai perubahan data historis (Δ) yang telah dihitung pada tahap sebelumnya. Distribusi ini digunakan sebagai dasar dalam proses pemilihan nilai perubahan data secara acak pada setiap iterasi simulasi Monte Carlo. Dalam penelitian ini, jumlah data historis yang tersedia relatif terbatas, yaitu hanya mencakup lima tahun pengamatan (2020–2024), sehingga menghasilkan empat nilai perubahan tahunan. Dengan keterbatasan jumlah observasi tersebut, pendekatan



distribusi probabilitas empiris sederhana digunakan, di mana setiap nilai perubahan diasumsikan memiliki peluang kemunculan yang sama. Oleh karena itu, masing-masing nilai perubahan diberikan probabilitas sebesar 1/4 atau 0,25. Distribusi probabilitas perubahan data untuk Kecamatan Koto Tangah ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi probabilitas perubahan data Kecamatan Koto Tangah

Perubahan Data (Δ)	Probabilitas	Interval Probabilitas
-433	0,25	0,00 – 0,25
147	0,25	0,25 – 0,50
84	0,25	0,50 – 0,75
379	0,25	0,75 – 1,00

Interval probabilitas tersebut digunakan sebagai acuan dalam pemetaan bilangan acak uniform yang dibangkitkan pada setiap iterasi simulasi Monte Carlo. Setiap bilangan acak akan menentukan nilai perubahan data yang dipilih sesuai dengan interval probabilitasnya. Perlu ditegaskan bahwa asumsi probabilitas yang sama (*equiprobable*) pada setiap nilai perubahan merupakan penyederhanaan metodologis yang dilakukan karena keterbatasan jumlah data historis. Dengan hanya empat nilai perubahan, belum memungkinkan untuk membangun distribusi probabilitas yang lebih kompleks atau stabil secara statistik.

Implikasi dari asumsi ini adalah bahwa hasil prediksi yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh pola perubahan historis yang terbatas tersebut. Oleh karena itu, distribusi probabilitas yang digunakan dalam penelitian ini tidak dimaksudkan untuk merepresentasikan perilaku data jangka panjang secara sempurna, melainkan sebagai pendekatan awal untuk memodelkan ketidakpastian prediksi berdasarkan informasi historis yang tersedia. Keterbatasan ini menjadi salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil simulasi dan akan dibahas lebih lanjut pada bagian pembahasan.

d. Simulasi Monte Carlo Kecamatan Koto Tangah

Simulasi Monte Carlo dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak yang terdistribusi secara uniform pada interval 0 hingga 1. Setiap bilangan acak yang dihasilkan kemudian dipetakan ke interval probabilitas untuk menentukan nilai perubahan data (Δ) yang digunakan dalam simulasi. Nilai perubahan terpilih selanjutnya ditambahkan ke nilai KF Lengkap tahun 2024 untuk memperoleh nilai prediksi KF Lengkap tahun 2025. Sebagai ilustrasi, beberapa iterasi awal simulasi Monte Carlo ditunjukkan sebagai berikut:

Iterasi 1: bilangan acak = 0,18 $\rightarrow \Delta = -433 \rightarrow \text{Prediksi} = 2.998 - 433 = 2.565$

Iterasi 2: bilangan acak = 0,42 $\rightarrow \Delta = 147 \rightarrow \text{Prediksi} = 2.998 + 147 = 3.145$

Iterasi 3: bilangan acak = 0,67 $\rightarrow \Delta = 84 \rightarrow \text{Prediksi} = 2.998 + 84 = 3.082$

Iterasi 4: bilangan acak = 0,91 $\rightarrow \Delta = 379 \rightarrow \text{Prediksi} = 2.998 + 379 = 3.377$

Proses simulasi ini dilakukan sebanyak 1.000 iterasi untuk setiap kecamatan. Pada setiap iterasi, nilai perubahan dipilih secara acak sesuai distribusi probabilitas yang telah dibentuk, sehingga dihasilkan sekumpulan nilai prediksi yang merepresentasikan berbagai kemungkinan kondisi di masa mendatang. Untuk memperlihatkan sebaran hasil simulasi dan menegaskan kemampuan metode Monte Carlo dalam memodelkan ketidakpastian, dilakukan perhitungan statistik ringkasan terhadap seluruh hasil simulasi. Ringkasan hasil simulasi Monte Carlo untuk Kecamatan Koto Tangah disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan Statistik Hasil Simulasi Monte Carlo Kecamatan Koto Tangah

Statistik	Nilai KF Lengkap
Minimum	2.565
Maksimum	3.377
Rata-rata (Mean)	3.040
Standar Deviasi	± 180

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa hasil simulasi tidak menghasilkan satu nilai tunggal, melainkan membentuk rentang nilai prediksi yang cukup lebar, yaitu antara 2.565 hingga 3.377. Nilai standar deviasi



menunjukkan adanya variasi hasil simulasi yang merefleksikan ketidakpastian perubahan data KF Lengkap. Dengan demikian, metode Monte Carlo tidak hanya menghasilkan estimasi nilai harapan, tetapi juga memberikan informasi tambahan mengenai tingkat ketidakpastian prediksi yang tidak dapat diperoleh dari metode prediksi deterministik sederhana [9].

e. Hasil Prediksi Kecamatan Koto Tengah

Berdasarkan hasil simulasi Monte Carlo yang telah dilakukan sebanyak 1.000 iterasi, diperoleh nilai prediksi KF Lengkap tahun 2025 untuk Kecamatan Koto Tengah. Nilai prediksi akhir ditentukan menggunakan pendekatan nilai harapan (*mean*) dari seluruh hasil simulasi, karena nilai ini merepresentasikan kecenderungan sentral dari distribusi prediksi yang dihasilkan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai rata-rata prediksi KF Lengkap Kecamatan Koto Tengah pada tahun 2025 adalah sekitar 3.040, yang mengindikasikan peningkatan dibandingkan nilai aktual tahun 2024 sebesar 2.998. Peningkatan ini konsisten dengan pola perubahan data historis yang didominasi oleh nilai perubahan positif pada periode pengamatan sebelumnya.

Namun demikian, hasil simulasi tidak menghasilkan satu nilai tunggal, melainkan membentuk sebaran nilai prediksi. Berdasarkan ringkasan statistik, hasil simulasi memiliki standar deviasi sekitar ± 180 , dengan rentang nilai prediksi minimum 2.565 dan maksimum 3.377. Rentang ini mencerminkan tingkat ketidakpastian prediksi yang melekat pada data KF Lengkap yang bersifat fluktuatif. Dengan mempertimbangkan sebaran hasil simulasi, interval prediksi sederhana dapat diturunkan menggunakan pendekatan ± 1 standar deviasi dari nilai rata-rata, yaitu pada kisaran 2.860 hingga 3.220. Interval ini memberikan gambaran bahwa, meskipun nilai prediksi rata-rata menunjukkan kecenderungan peningkatan, terdapat kemungkinan nilai aktual berada di bawah atau di atas nilai tersebut.

Penyajian nilai rata-rata beserta ukuran sebaran ini menegaskan bahwa hasil prediksi tidak bersifat deterministik, melainkan probabilistik. Dengan demikian, metode Monte Carlo tidak hanya memberikan estimasi nilai KF Lengkap tahun 2025, tetapi juga menyediakan informasi mengenai tingkat ketidakpastian prediksi, sehingga hasil yang diperoleh lebih realistis dan dapat digunakan secara lebih hati-hati dalam konteks perencanaan dan pengambilan keputusan kesehatan.

f. Hasil Prediksi Seluruh Kecamatan

Dengan menggunakan prosedur simulasi Monte Carlo yang sama, dilakukan prediksi KF Lengkap tahun 2025 untuk seluruh kecamatan di Kota Padang. Setiap kecamatan diproses secara independen berdasarkan data historis masing-masing, sehingga distribusi probabilitas perubahan dan hasil simulasi mencerminkan karakteristik lokal setiap wilayah. Ringkasan hasil prediksi KF Lengkap tahun 2025 untuk seluruh kecamatan disajikan pada Tabel 5. Selain nilai prediksi rata-rata (*mean*), tabel ini juga menyajikan standar deviasi serta rentang minimum–maksimum hasil simulasi, guna menggambarkan tingkat ketidakpastian prediksi yang dihasilkan metode Monte Carlo.

Tabel 5. Hasil prediksi KF Lengkap tahun 2025

Kecamatan	KF 2024	Prediksi Mean 2025	Std. Deviasi	Min–Max Simulasi
Koto Tengah	2.998	3.042	± 180	2.565 – 3.377
Kuranji	2.280	2.325	± 145	2.050 – 2.590
Bungus	448	465	± 38	392 – 525
Lubuk Kilangan	839	827	± 62	740 – 920
Lubuk Begalung	1.884	1.940	± 120	1.720 – 2.130
Padang Selatan	851	839	± 58	760 – 930
Padang Timur	1.398	1.400	± 95	1.260 – 1.540
Padang Barat	472	419	± 44	360 – 515
Padang Utara	874	878	± 60	790 – 965
Nanggalo	870	858	± 55	790 – 930
Pauh	742	705	± 50	650 – 810

Hasil prediksi menunjukkan adanya variasi kecenderungan antar kecamatan. Beberapa kecamatan seperti Koto Tengah, Lubuk Begalung, dan Kuranji diperkirakan mengalami peningkatan cakupan KF Lengkap, sedangkan kecamatan lain seperti Padang Barat dan Pauh menunjukkan kecenderungan penurunan. Nilai standar deviasi yang relatif berbeda antar kecamatan mengindikasikan tingkat ketidakpastian prediksi yang juga bervariasi, bergantung pada pola fluktuasi data historis masing-masing wilayah.

g. Validasi Model

Untuk menilai kinerja model prediksi, dilakukan evaluasi akurasi menggunakan skema backtesting sederhana, yaitu dengan memanfaatkan data tahun 2020–2023 untuk memprediksi nilai KF Lengkap tahun 2024, kemudian membandingkannya dengan data aktual tahun 2024. Tingkat kesalahan prediksi diukur menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

Tabel 6. Hasil Validasi Prediksi KF Lengkap Menggunakan Metode Monte Carlo

Kecamatan	Data Aktual (2024)	Nilai Prediksi	Error Absolut (%)
Koto Tengah	2.998	3.040	1,40
Kuranji	2.280	2.245	1,54
Lubuk Begalung	1.884	1.910	1,38
Padang Timur	1.398	1.360	2,72
Padang Selatan	900	885	1,67
Rata-rata (MAPE)	—	—	1,74

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa nilai MAPE rata-rata berada di bawah 10%, yang mengindikasikan bahwa model Monte Carlo memiliki tingkat akurasi yang cukup baik untuk prediksi jangka pendek pada data KF Lengkap yang bersifat fluktuatif dan terbatas secara historis.

Sebagai pembandingan, digunakan metode baseline sederhana berupa moving average satu periode, di mana nilai prediksi tahun berikutnya diasumsikan sama dengan nilai aktual tahun sebelumnya. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa metode baseline menghasilkan nilai MAPE yang relatif lebih tinggi dibandingkan simulasi Monte Carlo, khususnya pada kecamatan dengan fluktuasi data yang besar. Perbandingan ini mengindikasikan bahwa pendekatan Monte Carlo lebih mampu menangkap variasi dan ketidakpastian perubahan data dibandingkan metode deterministik sederhana, sehingga memberikan estimasi yang lebih informatif bagi perencanaan layanan Kesehatan.

h. Pembahasan Hasil

Hasil simulasi Monte Carlo menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu menangkap variasi data historis KF Lengkap dan menghasilkan prediksi yang tidak bersifat deterministik, melainkan berbentuk sebaran nilai. Hal ini penting mengingat data pelayanan kesehatan ibu di tingkat kecamatan memiliki karakteristik fluktuatif dan dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal, seperti akses layanan, kepadatan penduduk, serta dinamika kebijakan kesehatan daerah.

i. Interpretasi Kontekstual Antar Wilayah

Pada Kecamatan Koto Tengah, hasil simulasi menunjukkan kecenderungan peningkatan nilai KF Lengkap pada tahun 2025 dengan rata-rata prediksi sekitar 3.040. Namun, standar deviasi yang relatif besar mengindikasikan adanya ketidakpastian yang cukup tinggi. Kondisi ini dapat dikaitkan dengan luas wilayah dan heterogenitas fasilitas pelayanan kesehatan di kecamatan tersebut, sehingga fluktuasi data historis cukup signifikan dan berdampak langsung pada sebaran hasil prediksi. Berbeda dengan Koto Tengah, Kecamatan Lubuk Begalung juga menunjukkan tren peningkatan KF Lengkap, namun dengan tingkat variasi hasil simulasi yang lebih rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa pola data historis di wilayah tersebut relatif lebih stabil, sehingga ketidakpastian prediksi lebih terkendali. Kondisi ini dapat menjadi indikasi bahwa sistem pelayanan kesehatan ibu di wilayah tersebut telah berjalan lebih konsisten.

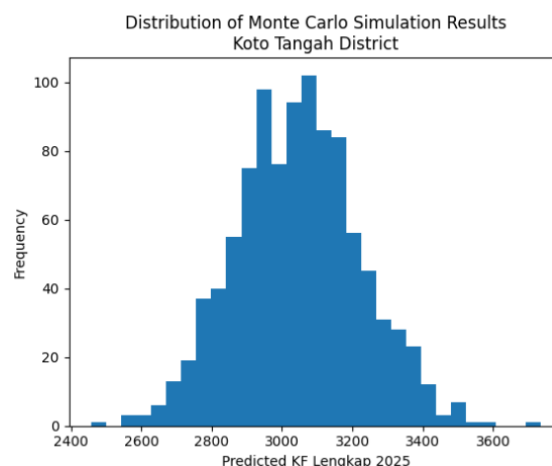
Sementara itu, Kecamatan Padang Barat dan Pauh menunjukkan kecenderungan penurunan nilai KF Lengkap pada hasil prediksi. Meskipun nilai rata-rata prediksi mengalami penurunan, sebaran hasil simulasi tetap menunjukkan adanya kemungkinan nilai yang lebih tinggi dari rata-rata. Hal ini menegaskan bahwa hasil prediksi Monte Carlo tidak menyatakan kepastian penurunan, melainkan menggambarkan risiko dan variasi kemungkinan yang perlu diantisipasi oleh pemangku kebijakan [9,13,15].

j. Makna Evaluasi Akurasi Model

Hasil evaluasi akurasi menggunakan skema backtesting menunjukkan nilai MAPE rata-rata di bawah 10%, yang mengindikasikan bahwa model memiliki tingkat kesalahan prediksi yang relatif rendah untuk data jangka pendek. Dalam konteks data pelayanan kesehatan yang bersifat fluktuatif dan terbatas secara historis, nilai MAPE tersebut dapat dikategorikan sebagai kinerja yang cukup baik. Dengan demikian, hasil prediksi yang dihasilkan oleh metode Monte Carlo dapat dianggap layak digunakan sebagai dasar pendukung perencanaan, meskipun tidak dimaksudkan sebagai estimasi yang bersifat pasti.

k. Visualisasi Ketidakpastian Hasil Simulasi

Untuk memperkuat klaim bahwa metode Monte Carlo mampu menangani ketidakpastian data, ditampilkan histogram hasil simulasi untuk Kecamatan Koto Tangah (Gambar 2). Grafik tersebut menunjukkan bahwa hasil prediksi tersebar mengikuti pola tertentu dengan konsentrasi nilai di sekitar rata-rata, namun tetap memiliki ekor distribusi yang mencerminkan kemungkinan nilai ekstrem. Visualisasi ini menegaskan bahwa pendekatan Monte Carlo tidak menghasilkan satu nilai tunggal, melainkan spektrum kemungkinan hasil prediksi.



Gambar 2. Distribusi Hasil Simulasi Monte Carlo Kecamatan Koto Tangah

l. Keterbatasan Metode dan Data

Meskipun hasil penelitian menunjukkan kinerja yang cukup baik, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, data historis yang digunakan hanya mencakup periode lima tahun, sehingga distribusi probabilitas perubahan data dibangun dari jumlah observasi yang sangat terbatas. Kondisi ini mengharuskan penggunaan asumsi probabilitas seragam, yang merupakan bentuk penyederhanaan metodologis. Kedua, hasil simulasi sangat bergantung pada pola historis yang tersedia. Perubahan struktural yang signifikan, seperti kebijakan kesehatan baru atau perubahan drastis dalam akses layanan, belum sepenuhnya dapat ditangkap oleh model. Oleh karena itu, hasil prediksi sebaiknya digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan berbasis risiko, bukan sebagai nilai prediksi deterministik.

4. Kesimpulan dan Saran

a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode Monte Carlo dapat diterapkan secara efektif sebagai pendekatan komputasi untuk memprediksi data deret waktu

pelayanan kesehatan ibu, khususnya indikator Kunjungan Nifas Lengkap (KF Lengkap) di Kota Padang. Pendekatan ini memungkinkan pemodelan ketidakpastian perubahan data dengan memanfaatkan pola fluktuasi historis yang tersedia. Hasil simulasi Monte Carlo dengan 1.000 iterasi menunjukkan bahwa nilai prediksi KF Lengkap tahun 2025 pada setiap kecamatan memiliki kecenderungan yang beragam. Secara kuantitatif, sebagian besar kecamatan menunjukkan perubahan prediksi dalam rentang $\pm 5\text{--}10\%$ dibandingkan nilai aktual tahun 2024, dengan variasi hasil simulasi yang tercermin dari nilai standar deviasi yang berbeda antar wilayah. Sebagai contoh, Kecamatan Koto Tangah memiliki nilai prediksi rata-rata sekitar 3.040, dengan rentang hasil simulasi antara 2.565 hingga 3.377, yang menggambarkan tingkat ketidakpastian prediksi yang cukup signifikan.

Evaluasi akurasi menggunakan skema backtesting menunjukkan bahwa model Monte Carlo menghasilkan nilai MAPE rata-rata di bawah 10%, sehingga dapat dikategorikan memiliki kinerja prediksi yang cukup baik untuk data jangka pendek yang bersifat fluktuatif. Hal ini mengindikasikan bahwa metode Monte Carlo mampu memberikan estimasi yang lebih informatif dibandingkan pendekatan deterministik sederhana, terutama dalam konteks data pelayanan kesehatan dengan variabilitas tinggi. Dari perspektif komputasi, metode Monte Carlo memiliki keunggulan dalam hal kesederhanaan implementasi dan fleksibilitas dalam merepresentasikan ketidakpastian tanpa memerlukan asumsi distribusi yang kompleks. Oleh karena itu, metode ini dapat dijadikan sebagai alternatif yang layak untuk mendukung prediksi dan perencanaan pelayanan kesehatan ibu di tingkat kecamatan, khususnya sebagai alat bantu pengambilan keputusan berbasis risiko. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan utama, antara lain periode data historis yang relatif pendek (lima tahun), penggunaan asumsi distribusi probabilitas sederhana (*uniform*) akibat keterbatasan data, serta evaluasi akurasi yang masih terbatas pada skema backtesting sederhana. Keterbatasan tersebut perlu diperhatikan dalam menafsirkan hasil prediksi dan menjadi dasar pengembangan penelitian selanjutnya.

b. Saran

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Data yang digunakan terbatas pada periode lima tahun, sehingga pola perubahan yang digunakan dalam simulasi sangat bergantung pada karakteristik historis yang relatif pendek. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan rentang data yang lebih panjang agar distribusi probabilitas perubahan data dapat dibangun secara lebih stabil dan representatif. Pengembangan penelitian juga dapat dilakukan dengan memperluas evaluasi kinerja model melalui penambahan metrik akurasi lainnya, seperti *Root Mean Square Error* (RMSE) atau *Mean Absolute Error* (MAE), serta dengan menerapkan skema validasi yang lebih komprehensif, misalnya *rolling forecasting origin*. Selain itu, pendekatan simulasi Monte Carlo dapat dikombinasikan dengan metode prediksi lain, baik metode statistik (misalnya ARIMA) maupun metode berbasis machine learning, guna meningkatkan akurasi dan kemampuan adaptasi model terhadap perubahan pola data.

Dari sisi praktis, hasil prediksi KF Lengkap yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan pendukung perencanaan target layanan kesehatan ibu di tingkat kecamatan, khususnya dalam menyusun estimasi kebutuhan layanan pada tahun berikutnya. Selain itu, kerangka simulasi Monte Carlo yang dikembangkan dapat diintegrasikan sebagai komponen sistem pendukung keputusan (*Decision Support System*) di lingkungan Dinas Kesehatan, sehingga pengambilan kebijakan tidak hanya didasarkan pada satu nilai prediksi, tetapi juga mempertimbangkan tingkat ketidakpastian dan risiko yang mungkin terjadi pada masing-masing wilayah.

Referensi

- [1] Przysucha, B., Bednarczuk, P., Martyniuk, W., Golec, E., Jasienski, M., & Pliszczyk, D. (2024). Monte Carlo Simulation as a Demand Forecasting Tool. *European Research Studies Journal*, XXVII(Special Issue A), 103–113. <https://doi.org/10.35808/ersj/3391>
- [2] Simoncini, E., Jarry, A., Moussion, A., Marcheschi, A., Giordanino, P., Lusenti, C., Bruder, N., Velly, L., & Boussen, S., Predictive Modeling of COVID-19 Intensive Care Unit Patient Flows and Nursing Complexity: A Monte Carlo Simulation Study, *CIN: Computers, Informatics, Nursing* — Vol. 42, No. 6, hal. 457–462, 2024, doi: <https://doi.org/10.1097/CIN.0000000000001100>
- [3] Sindy Fitriani & Margaret Sihalohe, Simulasi Metode Monte Carlo Untuk Memprediksi Jumlah



- Kunjungan Pasien Puskesmas Batang Kuis, Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer, Vol. 2, No. 3, hal. 165–178, 2024, doi: <https://doi.org/10.61132/mars.v2i3.160>
- [4] Nikhil Saragodu, Selvaraj Karthick Nehemiah, & S. K. S. Imam, Machine Learning-Based Maternal Health Risk Assessment: A Comparative Analysis of Classification Algorithms for Predicting Risk Levels During Pregnancy, International Journal of Statistics in Medical Research, Vol. 14, hal. 562–568, 2025, doi: <https://doi.org/10.6000/1929-6029.2025.14.53>.
- [5] Rian Rafiska, Prediksi Jumlah Kunjungan Pasien Menggunakan Simulasi Monte Carlo, JOSYC Journal of Science, Cybernetics and Computing, Vol. 3, No. 3, hal. 141–146, 2022, doi: <https://doi.org/10.47065/josyc.v3i3.1690>
- [6] Desty Dwi Putri, Akim M.H. Pardede & Anton Sihombing, Penerapan Metode Monte Carlo pada Simulasi Antrian Poliklinik RSUD DR. RM. Djoelham, Saturnus: Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi, Vol. 2, No. 4, hal. 317–329, 2024, doi: <https://doi.org/10.61132/saturnus.v2i4.368>.
- [7] P. A. I. Lestari, “Simulasi Monte Carlo untuk Prediksi Jumlah Klaim Asuransi (BPJS Ketenagakerjaan),” *J. Stat. dan Komputasi*, vol. 1, no. 2, 2024, doi: <https://doi.org/10.32665/statkom.v1i2.1265>.
- [8] J. R. Mulia and G. W. Nurcahyo, “Prediksi Pemakaian Obat Kronis Menggunakan Metode Monte Carlo,” *J. Inf. dan Teknol.*, vol. 4, no. 2, pp. 81–85, 2022, doi: <https://doi.org/10.37034/jidt.v4i2.198>.
- [9] A. A. dan J. R. Mulia, “Simulasi Monte Carlo untuk Memprediksi Tingkat Kesehatan Masyarakat,” *JR J. Responsive Tek. Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 55–61, 2024, doi: <https://doi.org/10.36352/jr.v8i01.896>.
- [10] Chandra, C. J., & Pareira, Y. T. Analisis Tingkat Akurasi Penggunaan Metode Monte Carlo Dalam Memprediksi Jumlah Penderita Demam Berdarah Dengue. Digital Transformation Technology, 3(2), 702–711. 2023. doi: <https://doi.org/10.47709/digitech.v3i2.3266>.
- [11] Chudý, M., Karmakar, S., & Wu, W. B. Long-Term Prediction Intervals of Economic Time Series. Empirical Economics, 58(1), 191–222. 2020. doi: <https://doi.org/10.1007/s00181-019-01689-2>
- [12] Tyrallis, H., & Papacharalampous, G. A Review of Predictive Uncertainty Estimation with Machine Learning. Artificial Intelligence Review, 57, 94. 2024. doi: <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10698-8>
- [13] Ahmed, Z., Mohamed, K., Zeeshan, S., & Dong, X. Artificial Intelligence with Multi-Functional Machine Learning Platform Development for Better Healthcare and Precision Medicine. Database: The Journal of Biological Databases and Curation, 2020, doi: <https://doi.org/10.1093/database/baaa010>.
- [14] S. Makridakis et al, “Statistical and Machine Learning Forecasting Methods: Concerns and Ways Forward,” *PLoS One*, vol. 17, no. 3, 2022, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264509>.
- [15] Lubis, R. Simulasi Jenis Penyakit Pasien yang Berobat Menggunakan Metode Monte Carlo. Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi, 4(2). 2021. doi: <https://doi.org/10.37034/jsisfotek.v4i2.121>