Griya Journal of Mathematics Education and Application
Volume 5 Nomor 3, September 2025
e-ISSN 2776-124X| | p-ISSN 2776-1258
https://mathjournal.unram.ac.id/index.php/Griya/index

Simulasi Monte Carlo Untuk Prediksi dan Analisis Tindak Pidana di Sumatera Utara

Ledy Meva Tiurma Gultom[1*], Felicia Eldora[1], Khoiriyati Azmi[1], Rut Omega Purba[1], Karin Aulia Putri[1], Sudianto Manullang[2], Alvi Sahrin Nasution[2]

[1] *Mahasiswa Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan*
[2] *Dosen Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan*

*lala.4222530015@mhs.unimed.ac.id

Diterima: 31 Mei 2025; Direvisi: 16 Juni 2025; Dipublikasi: 20 Juni 2025

Abstract
Crime data in North Sumatra Province obtained from the Central Statistics Agency shows an upward trend, peaking in 2023. This condition presents an urgent need for swift and appropriate policy intervention. The effectiveness of such policies is measured by their ability to significantly reduce crime rates. This study aims to forecast the trend of criminal acts in North Sumatra for the period 2024–2028 using the Monte Carlo Simulation method, based on historical data from 2000 to 2023. The stochastic simulation approach was chosen to accommodate the uncertainty and variability inherent in crime data. The results provide probabilistic predictions that can serve as a reference for the government in designing more adaptive and responsive crime prevention policies. This model is expected to offer realistic estimates of potential increases or decreases in crime, thereby enabling more targeted and data-driven decisions. Overall, the findings of this study contribute to the development of strategic, risk-based security policies that reflect the dynamic nature of criminal activity.
Keywords: Criminal acts; Monte Carlo; prediction; stochastic simulation; North Sumatra

Abstrak
Data tindak pidana di Provinsi Sumatera Utara yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik menunjukkan tren peningkatan jumlah kejahatan, dengan puncaknya terjadi pada tahun 2023. Kondisi ini menjadi urgensi yang mendesak untuk ditangani melalui kebijakan yang cepat dan tepat sasaran. Kebijakan yang efektif diukur dari kemampuannya dalam menurunkan tingkat kejahatan secara signifikan dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan tren tindak pidana di Sumatera Utara pada periode 2024–2028 menggunakan metode Simulasi Monte Carlo, berdasarkan data historis dari tahun 2000 hingga 2023. Pendekatan stokastik ini dipilih karena mampu menangkap ketidakpastian dan fluktuasi alami dalam data kejahatan. Hasil simulasi berupa prediksi probabilistik diharapkan dapat menjadi dasar perumusan kebijakan yang lebih adaptif dan responsif terhadap dinamika kriminalitas di masa depan. Model ini juga mampu memberikan estimasi realistis atas kemungkinan lonjakan atau penurunan angka kejahatan secara lebih akurat. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengambilan keputusan strategis di bidang keamanan publik yang berbasis data
Kata Kunci: tindak pidana; Monte Carlo; prediksi; simulasi stokastik; Sumatera Utara

1. PENDAHULUAN

Tindak pidana merupakan salah satu indikator sosial yang penting dalam mencerminkan kondisi kesejahteraan, kestabilan, dan keamanan suatu wilayah. Tingkat kriminalitas

tidak hanya menjadi cerminan dari berbagai tekanan ekonomi, sosial, dan budaya, tetapi juga dapat menunjukkan efektivitas kebijakan pemerintahan serta kualitas penegakan hukum di suatu daerah (Siegel & Worrall, 2022). Oleh karena itu, pemantauan dan analisis terhadap dinamika tindak pidana menjadi sangat krusial, baik bagi kepentingan akademik, penegakan hukum, maupun perumusan kebijakan publik.

Berdasarkan data terbaru Badan Pusat Statistik (BPS), Provinsi Sumatera Utara tercatat sebagai provinsi dengan jumlah tindak pidana tertinggi di Indonesia pada tahun 2023. Sebanyak 62.278 kasus tercatat di wilayah ini, menjadikannya daerah dengan tingkat kriminalitas paling tinggi secara nasional. Angka ini mencerminkan adanya tekanan sosial yang kompleks sekaligus menuntut perhatian serius dari berbagai pemangku kebijakan, termasuk aparat penegak hukum dan perencana pembangunan daerah. Tingginya angka kriminalitas tersebut menegaskan perlunya pendekatan yang lebih sistematis dan prediktif dalam penanganan kejahatan. Selama ini, penggunaan data kriminalitas di tingkat daerah sebagian besar masih bersifat deskriptif dan digunakan sebatas pemantauan. Padahal, pendekatan berbasis prediksi yang mampu memproyeksikan kemungkinan kejadian kejahatan di masa depan sangat diperlukan guna mendukung kebijakan preventif yang adaptif dan berbasis risiko (Watrianthos et al., 2023).

Berbagai pendekatan telah dikembangkan dalam kajian kuantitatif untuk memahami dan memprediksi dinamika tindak pidana. Model-model matematika telah digunakan secara luas untuk menganalisis pola dan faktor-faktor yang memengaruhi kejahatan, mulai dari tindak kriminal ringan hingga kejahatan berat. Sejumlah penelitian mengandalkan metode statistik deskriptif dan regresi linier dalam mengidentifikasi pola kriminalitas, seperti dalam kasus kecurangan, korupsi, hingga kekerasan seksual (Handayani et al., 2025; Saridewi et al., 2022; Suparto & Annas Rifki, 2023). Di sisi lain, untuk keperluan prediksi tren kejahatan dari waktu ke waktu, pendekatan deret waktu seperti *AutoRegressive Integrated Moving Average* (ARIMA) sering digunakan. Model ini mampu menangkap pola musiman dan tren jangka panjang dalam data kriminalitas.

Evaluasi hasil prediksi biasanya dilakukan menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE) yang mengukur tingkat akurasi prediksi terhadap data aktual (Daratullaila & Sari, 2024; Indriyan Dwi Kesuma et al., 2024). Dalam aspek spasial, pemetaan wilayah rawan kejahatan telah dilakukan menggunakan metode seperti hierarchical clustering, sebagaimana ditunjukkan oleh Sandi & Tempola (2022), yang berhasil mengelompokkan daerah dengan tingkat kriminalitas tinggi sebagai bahan informasi strategis bagi aparat penegak hukum dan masyarakat. Namun demikian, kelemahan umum dari pendekatan-pendekatan tersebut adalah belum adanya pertimbangan terhadap ketidakpastian dan kompleksitas stokastik dalam data kejahatan, yang justru merupakan karakteristik mendasar dari fenomena kriminalitas itu sendiri (Sandi & Tempola, 2022).

Salah satu pendekatan alternatif yang dapat mengatasi keterbatasan tersebut adalah Simulasi Monte Carlo. Metode ini telah banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti permodelan risiko siber, asuransi, ekonomi, hingga perencanaan permintaan logistik karena kemampuannya dalam merepresentasikan ketidakpastian melalui pendekatan probabilistik (Amirul Rizal & Aslami, 2022; Farisi & Riono, 2024; Idellie & Atok, 2023). Namun, di Indonesia, penerapan Simulasi Monte Carlo dalam studi kriminalitas masih sangat terbatas dan belum banyak dijadikan alat bantu dalam perumusan kebijakan berbasis data.

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan dalam literatur dengan menerapkan Simulasi Monte Carlo guna memodelkan distribusi probabilistik kejadian tindak pidana di Provinsi Sumatera Utara. Berbeda dari pendekatan deterministik yang memberikan satu hasil estimasi, model ini akan menghasilkan rentang kemungkinan yang lebih realistis atas kejadian kriminalitas. Dengan memanfaatkan data historis dari Kepolisian Daerah Sumatera Utara, hasil simulasi ini diharapkan mampu memberikan landasan kuantitatif yang kuat untuk perumusan kebijakan keamanan yang lebih proaktif, responsif, dan berbasis risiko.

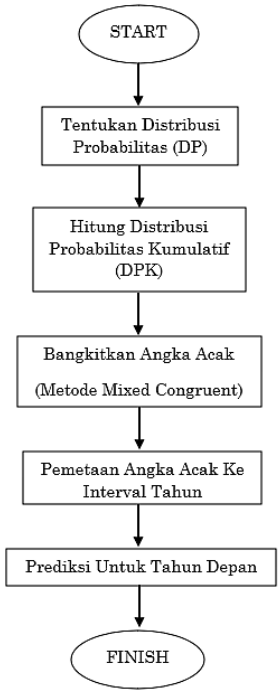
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menggunakan simulasi Monte Carlo untuk menganalisis dan memprediksi jumlah tindak pidana yang terjadi di Provinsi Sumatera Utara. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model probabilistik yang dapat menggambarkan secara lebih komprehensif distribusi kemungkinan kejadian kejahatan. Ini dilakukan dengan menggunakan metode berbasis simulasi stokastik. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah pembentukan suatu kerangka prediktif yang menunjukkan perbedaan dan ketidakpastian yang ada dalam data kriminalitas selain memberikan estimasi. Diharapkan model ini akan berfungsi sebagai dasar untuk membangun kebijakan keamanan yang lebih responsif dan berbasis risiko.

2. METODE PELAKSANAAN

Metode penelitian merupakan suatu pendekatan yang terstruktur untuk menghimpun, menganalisis, dan menafsirkan data dengan tujuan menjawab pertanyaan penelitian atau membuktikan suatu hipotesis (Waruwu et al., 2025). Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia terkait jumlah tindak pidana menurut Kepolisian Daerah. Data tersebut mencakup catatan kriminalitas di seluruh provinsi, termasuk Sumatera Utara, dalam kurun waktu tertentu.

Metode utama yang digunakan adalah Simulasi Monte Carlo. Desain penelitian bersifat kuantitatif dengan pendekatan stokastik untuk memodelkan ketidakpastian dalam prediksi kejahatan. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan andal terkait analisis tindak pidana, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam membuat keputusan dalam

pembuatan kebijakan agar usaha kebijakan tersebut dapat mencegah serta menekan agar tingkat tindak pidana makin menurun. Berikut adalah tahapan metode penelitian yang menggunakan metode Monte Carlo.



Gambar 1. Flowchart Metode Monte Carlo

Gambar 1 diatas menunjukkan serangkaian tahapan awal hingga akhir yang dilakukan di penelitian ini.

2.1. Mengidentifikasi Masalah

Provinsi Sumatera Utara mengalami fluktuasi jumlah tindak pidana setiap tahunnya (Kurniawan et al., 2022). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah tindak pidana di wilayah ini menunjukkan tren yang tidak konsisten dari tahun ke tahun. Ketidakpastian ini menyulitkan pihak kepolisian dan pemerintah daerah dalam merencanakan strategi pencegahan dan penanggulangan kejahatan yang efektif. Oleh karena itu, diperlukan metode prediksi yang dapat mengakomodasi variabilitas dan ketidakpastian dalam data kejahatan untuk membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat.

2.2. Menganalisis Masalah

Analisis terhadap data tindak pidana di Sumatera Utara menunjukkan adanya variabilitas yang signifikan dari tahun ke tahun. Misalnya, pada tahun 2021 tercatat 36.534 kasus, meningkat menjadi 43.555 kasus pada tahun 2022, dan kemudian

menurun menjadi 39.872 kasus pada tahun 2023 . Fluktuasi ini menunjukkan bahwa pola kejahatan tidak selalu mengikuti tren linear atau musiman yang mudah diprediksi. Metode prediksi konvensional mungkin tidak cukup efektif dalam menangani ketidakpastian ini. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang dapat menangani variabilitas dan ketidakpastian dalam data, seperti simulasi Monte Carlo, untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan dapat diandalkan.

2.3. Studi Literatur

Simulasi Monte Carlo adalah teknik statistik yang menggunakan bilangan acak untuk memodelkan dan menganalisis sistem yang kompleks dan tidak pasti (Mahri, 2025). Metode ini telah digunakan dalam berbagai bidang, termasuk keuangan, kesehatan, dan logistik, untuk memprediksi hasil yang tidak dapat ditentukan secara deterministik (Nurmiati, 2024). Dalam konteks prediksi kejahatan, simulasi Monte Carlo dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah tindak pidana di masa depan berdasarkan distribusi probabilitas dari data historis. Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam menangani ketidakpastian dan variabilitas dalam data, sehingga dapat digunakan untuk merencanakan strategi pencegahan kejahatan yang lebih efektif.

2.4. Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia, khususnya data mengenai jumlah tindak pidana menurut Kepolisian Daerah di Sumatera Utara untuk periode 2021 hingga 2023 . Data ini mencakup jumlah kasus kejahatan yang dilaporkan setiap tahunnya, yang akan digunakan sebagai dasar untuk simulasi Monte Carlo.

2.5. Penerapan Monte Carlo

Dikarenakan penelitian ini menggunakan metode Monte Carlo, maka diperlukan untuk melakukan beberapa tahapan perhitungan. Berikut adalah rincian tahapannya.

2.5.1. Menentukan Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas merepresentasikan kemungkinan terjadinya berbagai nilai dari suatu variabel. Probabilitas masing-masing nilai diperoleh dengan membagi jumlah kemunculan nilai tersebut dengan total keseluruhan frekuensi. Proses perhitungan ini dapat dinyatakan dalam Persamaan (1).

$$DP = \frac{F}{J} \tag{1}$$

Keterangan:
DP = ditribusi probabilitas

F = frekuensi

J = jumlah frekuensi

2.5.2. Menentukan Distribusi Probabilitas Kumulatif

Nilai distribusi probabilitas dari masing-masing variabel dijumlahkan dengan nilai distribusi probabilitas dari masing-masing variabel sebelumnya. Prosedur ini dilakukan secara bertahap hingga mencakup semua nilai variabel yang tersedia. Pengecualian berlaku untuk nilai pertama ketika distribusi probabilitas kumulatifnya sama dengan probabilitas variabel tersebut. Secara sederhana, distribusi probabilitas kumulatif menunjukkan akumulasi peluang, yang menunjukkan kemungkinan bahwa nilai suatu variabel acak kurang dari atau sama dengan nilai tertentu. Distribusi ini sangat membantu dalam berbagai jenis analisis statistik karena mempermudah identifikasi persentil, median, dan kuartil serta membantu memahami secara menyeluruh perilaku variabel acak.

2.5.3. Menentukan Interval Angka Acak

Interval angka acak diperoleh dari distribusi kumulatif, di mana nilai variabel dipisahkan oleh angka acak. Setiap interval memiliki dua batas: batas bawah, yang berarti nilai terkecil yang mungkin terjadi, dan batas atas, yang berarti nilai tertinggi yang mungkin terjadi. Proses ini memungkinkan penetapan batas yang jelas dalam simulasi atau analisis statistik. Ini membantu dalam menentukan rentang nilai yang relevan dan mewakili data yang dianalisis.

2.5.4. Membangkitkan Angka Acak

Metode yang digunakan adalah Metode *Mixed Congruent*, yang dijelaskan pada Persamaan (2) berikut.

$$Z_i = (a \times Z_{i-1} + c) \ \ mod\ m \tag{2}$$

dengan syarat $a < c < m$ dan $m > 0$ dan Z_i adalah bilangan awal (bilangan bulat yang memenuhi $Z_o < m$ dan $Z_0 > 0$). Proses ini dimulai dengan nilai awal dan parameter yang ditentukan berdasarkan pertimbangan teoritis agar menghasilkan bilangan acak yang optimal. Penjelasan pemilihan parameter dapat dilihat pada Subbab 3.1.5.

2.5.5. Simulasi Pengujian Monte-Carlo

Simulasi dengan pendekatan Metode Monte Carlo dilakukan dengan cara membandingkan dan menghitung nilai-nilai acak yang diperoleh dari iterasi sebelumnya terhadap rentang angka acak tertentu. Setelah seluruh tahapan simulasi selesai,

dilakukan proses evaluasi untuk mengukur tingkat akurasi dalam memprediksi. Evaluasi ini didasarkan pada perbandingan hasil simulasi dengan data historis seperti terlihat dalam Persamaan (3), yang berfungsi sebagai dasar untuk melakukan evaluasi statistik terhadap hasil prediksi dari simulasi tersebut.

$$tingkat\ akurasi = \frac{min}{max} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:
Min = Nilai minimum adalah nilai terkecil yang ditemukan ketika membandingkan antara hasil simulasi dan data asli.
Max = nilai terbesar yang ditemukan ketika membandingkan antara hasil simulasi dan data asli.

Penelitian berfokus pada data kriminalitas Sumatera Utara dengan cakupan temporal sesuai periode yang tersedia di BPS. Subjek penelitian adalah catatan tindak pidana yang tercatat secara resmi, yang mencangkup berbagai jenis tindak kejahatan (pencurian, kekerasan, narkoba, dll.). Implementasi teknis menggunakan tools komputasi seperti *Microsoft Excel*, dengan output berupa prediksi probabilistik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

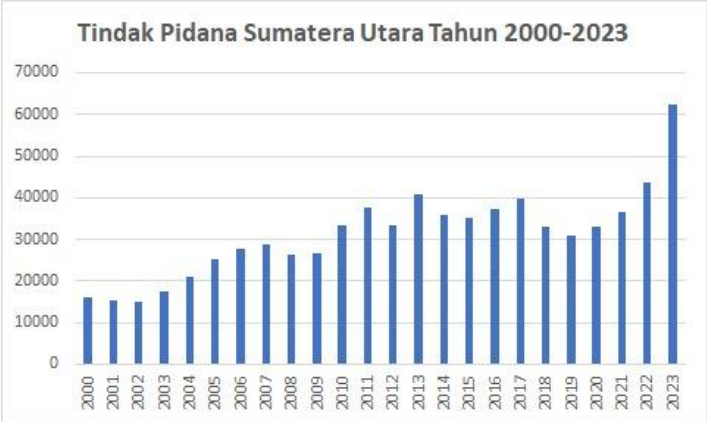
3.1. Hasil

3.1.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Badan Pusat Statistik (BPS), yang terkenal karena menyediakan data statistik yang lengkap dalam berbagai aspek. Fokus penelitian ini adalah data jumlah tindak pidana di Sumatera Utara. Provinsi ini dipilih sebagai sampel berdasarkan dinamika kriminalitas yang berubah setiap tahun. Penelitian tahun ini diharapkan dapat memberikan wawasan untuk perencanaan kebijakan preventif dan strategis berdasarkan data BPS.

Tabel 1. Jumlah Tindak Pidana Sumatera Utara Tahun 2000-2023

Tahun	Jumlah Tindak Pidana	Tahun	Jumlah Tindak Pidana
2000	15887	2012	33250
2001	15395	2013	40704
2002	15063	2014	35728
2003	17530	2015	35284
2004	20924	2016	37102
2005	25111	2017	39867
2006	27785	2018	32922
2007	28642	2019	30831
2008	26185	2020	32990
2009	26597	2021	36534
2010	33227	2022	43555
2011	37610	2023	62278



Gambar 2. Diagram Tindak Pidana Sumatera Utara Tahun 2000-2023

Diagram di atas merepresentasikan jumlah tindak pidana di Provinsi Sumatera Utara dari tahun 2000 hingga 2023. Jumlah tindak pidana kian meningkat dari tahun 2000 hingga 2013 menjadi 40.704 kejahatan, kemudian turun kembali dari tahun 2014 hingga 2021. Namun, pada tahun 2022, jumlah tindak pidana meningkat kembali menjadi 43.555, dan melonjak signifikan pada tahun 2023 menjadi 62.278. Kondisi ini menunjukkan fluktuasi yang signifikan dari tahun ke tahun dalam jumlah tindak pidana di provinsi Sumatera Utara.

3.1.2. Distribusi Probabilitas

Untuk menentukan probabilitas, dapat digunakan rumus pada persamaan (1).

Tabel 2. Distribusi Probabilitas Tahun 2000-2023

Tahun	Jumlah Tindak Pidana	Distribusi Probabilitas
2000	15887	0,0211544326
2001	15395	0,0204993069
2002	15063	0,0200572303
2003	17530	0,0233421793
2004	20924	0,0278614809
2005	25111	0,0334367065
2006	27785	0,0369972876
2007	28642	0,0381384312
2008	26185	0,0348667978
2009	26597	0,0354153989
2010	33227	0,0442436162
2011	37610	0,0500798268
2012	33250	0,0442742420
2013	40704	0,0541996615
2014	35728	0,0475738381
2015	35284	0,0469826272
2016	37102	0,0494033963
2017	39867	0,0530851490
2018	32922	0,0438374916
2019	30831	0,0410532077
2020	32990	0,0439280374
2021	36534	0,0486470724
2022	43555	0,0579959281
2023	62278	0,0829266539

Tabel 2. di atas menunjukkan data jumlah tindak pidana di Sumatera Utara dari tahun 2000 hingga 2023 dengan kurun waktu dalam tahun dan distribusi probabilitas (DP) untuk masing-masing tahun. Data ini menunjukkan fluktuasi yang signifikan dalam volume tindak pidana dari tahun ke tahun. Tindakan tertinggi dengan 62.278 pada tahun 2023 dan DP tertinggi sebesar 0,0829266539 menunjukkan aktivitas kejahatan yang tinggi selama periode tersebut.

3.1.3. Distribusi Probabilitas Kumulatif

Distribusi Probabilitas Kumulatif (DPK) dalam konteks tindak pidana, digunakan untuk menghitung kemungkinan jumlah kejahatan yang terjadi dalam rentang nilai tertentu selama periode waktu tertentu. Sebagai contoh, jika DPK untuk satu tahun adalah 0,0829266539, ini menunjukkan bahwa terdapat kemungkinan sebesar 8,29% bahwa jumlah kejahatan yang terjadi di Sumatera Utara tidak akan melebihi nilai tersebut.

Tabel 3. Distribusi Probabilitas Kumulatif Tahun 2000-2023

Tahun	Jumlah Tindak Pidana	Distribusi Probabilitas	Distribusi Kumulatif
2000	15887	0,0211544326	0,0211544326
2001	15395	0,0204993069	0,0416537395
2002	15063	0,0200572303	0,0617109698
2003	17530	0,0233421793	0,0850531491
2004	20924	0,0278614809	0,1129146299
2005	25111	0,0334367065	0,1463513364
2006	27785	0,0369972876	0,1833486240
2007	28642	0,0381384312	0,2214870553
2008	26185	0,0348667978	0,2563538531
2009	26597	0,0354153989	0,2917692520
2010	33227	0,0442436162	0,3360128682
2011	37610	0,0500798268	0,3860926949
2012	33250	0,0442742420	0,4303669369
2013	40704	0,0541996615	0,4845665984
2014	35728	0,0475738381	0,5321404366
2015	35284	0,0469826272	0,5791230638
2016	37102	0,0494033963	0,6285264600
2017	39867	0,0530851490	0,6816116090
2018	32922	0,0438374916	0,7254491006
2019	30831	0,0410532077	0,7665023083
2020	32990	0,0439280374	0,8104303456
2021	36534	0,0486470724	0,8590774180
2022	43555	0,0579959281	0,9170733461
2023	62278	0,0829266539	1,0000000000

Tabel 3 di atas menunjukkan jumlah tindak pidana di Sumatera Utara dari tahun 2000 hingga 2023, dengan peningkatan jumlah kejahatan pada tahun 2023 dengan 62278. Pada tahun 2014, jumlah tindak pidana turun menjadi 35.728 dengan DP 0,0475738381 dan DPK 0,5321404366, yang menunjukkan bahwa setengah dari total tindak pidana terjadi di bawah angka ini.

3.1.4. Interval Angka Acak

Interval angka acak dibentuk berdasarkan distribusi probabilitas kumulatif yang telah dihitung pada tahap sebelumnya. Distribusi kumulatif tersebut diubah menjadi rentang nilai antara 0 hingga 1, di mana setiap interval mewakili peluang kejadian tindak pidana pada suatu tahun tertentu.

Tabel 4. Interval Angka Acak tahun 2000-2023

Tahun	Jumlah Tindak Pidana	Distribusi Probabilitas	Distribusi Kumulatif	Interval
2000	15887	0,0211544326	0,0211544326	0-2
2001	15395	0,0204993069	0,0416537395	3-4
2002	15063	0,0200572303	0,0617109698	5-6
2003	17530	0,0233421793	0,0850531491	7-9
2004	20924	0,0278614809	0,1129146299	10-11
2005	25111	0,0334367065	0,1463513364	12-15
2006	27785	0,0369972876	0,1833486240	16-18
2007	28642	0,0381384312	0,2214870553	19-22
2008	26185	0,0348667978	0,2563538531	23-26
2009	26597	0,0354153989	0,2917692520	27-29
2010	33227	0,0442436162	0,3360128682	30-34
2011	37610	0,0500798268	0,3860926949	35-39
2012	33250	0,0442742420	0,4303669369	40-43
2013	40704	0,0541996615	0,4845665984	44-48
2014	35728	0,0475738381	0,5321404366	49-53
2015	35284	0,0469826272	0,5791230638	54-58
2016	37102	0,0494033963	0,6285264600	59-63
2017	39867	0,0530851490	0,6816116090	64-68
2018	32922	0,0438374916	0,7254491006	69-73
2019	30831	0,0410532077	0,7665023083	74-77
2020	32990	0,0439280374	0,8104303456	78-81
2021	36534	0,0486470724	0,8590774180	82-86
2022	43555	0,0579959281	0,9170733461	87-92
2023	62278	0,0829266539	1,0000000000	93-100

Tabel 4 di atas menunjukkan interval angka acak yang digunakan untuk menunjukkan kemungkinan jumlah kejadian tindak pidana dari tahun 2000 hingga 2023. Setiap interval dibuat berdasarkan nilai distribusi probabilitas kumulatif dari data sebelumnya. Sebagai contoh, pada tahun 2000, interval angka acak berkisar antara 0.0000 dan 0.0211, yang sesuai dengan DPK sebesar 0.0211. Artinya, ada kemungkinan sekitar 2,1% bahwa tindak pidana yang terjadi pada tahun tersebut akan termasuk dalam rentang tersebut.

Tahun-tahun berikutnya memiliki rentang yang lebih luas seiring dengan banyaknya kasus yang terjadi pada tahun itu. Misalnya, pada tahun 2005, ada interval dari 0.1129 hingga 0.1464, yang menunjukkan probabilitas sebesar 3,3%. Pola kenaikan dan penurunan interval dari tahun ke tahun menunjukkan dinamika dan perubahan tindak pidana selama dua puluh tahun terakhir. Untuk menentukan tahun mana yang akan dipilih untuk simulasi jumlah kejahatan, pemetaan ini menjadi dasar dalam simulasi angka acak.

3.1.5. Membangkitkan Angka Acak

Metode Mixed Congruent Generator digunakan untuk menghasilkan bilangan acak dengan rumus Persamaan (2).

$$Z_i = (a \times Z_{i-1} + c) \ \ mod\ m \tag{2}$$

Adapun parameter yang digunakan adalah:

- $a = 102$
- $m = 101$
- $c = 17$
- $Z_0 = 23$

Nilai-nilai ini dipilih berdasarkan pertimbangan agar memenuhi sifat-sifat generator konruen linier yang baik:

- "$m = 101$, diilih sebagai bilangan prima agar menjamin periode maksimum"
- "$a = 102$ dan $c = 17$ dipilih untuk memenuhi syarat Hull-Dobell, yaitu $gcd(c, m) = 1$ serta $a \equiv 1\ (mod\ p)$ untuk setiap faktor prima p dari m,"
- "$Z_0 = 23$ ditetapkan sebagai bilangan awal (*seed*) agar proses simulasi dapat direproduksi kembai secara konsisten."

Tabel 5. Angka Acak

Tahun	Z_i
2000	40
2001	57
2002	74
2003	91
2004	7
2005	24
2006	41
2007	58
2008	75
2009	92
2010	8
2011	25
2012	42
2013	59
2014	76
2015	93

2016	9
2017	26
2018	43
2019	60
2020	77
2021	94
2022	10
2023	27

3.1.6. Simulasi Monte Carlo

Setelah jumlah acak dikumpulkan dan dipetakan ke dalam interval angka acak yang didasarkan pada distribusi probabilitas kumulatif, langkah selanjutnya adalah menentukan hasil simulasi jumlah tindak pidana. Untuk melakukan ini, setiap angka acak dicocokkan dengan rentang interval yang mewakili masing-masing tahun dalam distribusi historis. Nilai tahun tersebut kemudian digunakan sebagai representasi jumlah tindak pidana aktual dari data historis.

Tabel 6. Hasil Simulasi

Tahun	Z_i	Hasil Simulasi
2000	40	33250
2001	57	35284
2002	74	30831
2003	91	43555
2004	7	17530
2005	24	26185
2006	41	33250
2007	58	35284
2008	75	30831
2009	92	43555
2010	8	17530
2011	25	26185
2012	42	33250
2013	59	37102
2014	76	30831
2015	93	62278
2016	9	17530
2017	26	26185
2018	43	33250
2019	60	37102
2020	77	30831
2021	94	62278
2022	10	20924
2023	27	26597

Nilai simulasi untuk setiap iterasi ditunjukkan dalam Tabel 6. Variasi yang terkait dengan karakteristik fluktuatif data sebelumnya ditunjukkan oleh nilai-nilai simulasi. Selain menghasilkan nilai rata-rata, simulasi ini juga menghasilkan sebaran prediksi realistis yang mencakup kemungkinan kejadian ekstrem yang dapat meningkatkan atau mengurangi jumlah tindak pidana. Hasil simulasi, karenanya, dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan yang mempertimbangkan berbagai hasil potensial. Untuk menentukan seberapa baik simulasi dapat menunjukkan data nyata, diperlukan perhitungan tingkat akurasi antara hasil simulasi dan jumlah tindak pidana yang sebenarnya. Ini dilakukan dengan membandingkan nilai simulasi dengan data sebelumnya dan menghitung persentase.

Tabel 7. Tingkat Akurasi tahun 2000-2023

Tahun	Z_i	Hasil Simulasi	Akurasi
2000	40	33250	48%
2001	57	35284	44%
2002	74	30831	49%
2003	91	43555	40%
2004	7	17530	84%
2005	24	26185	96%
2006	41	33250	84%
2007	58	35284	81%
2008	75	30831	85%
2009	92	43555	61%
2010	8	17530	53%
2011	25	26185	70%
2012	42	33250	100%
2013	59	37102	91%
2014	76	30831	86%
2015	93	62278	57%
2016	9	17530	47%
2017	26	26185	66%
2018	43	33250	99%
2019	60	37102	83%
2020	77	30831	93%
2021	94	62278	59%
2022	10	20924	48%
2023	27	26597	43%

Berdasarkan hasil perhitungan, akurasi simulasi menunjukkan variasi yang cukup signifikan, yakni berkisar antara 40% hingga lebih dari 100%. Tingkat akurasi yang tinggi pada beberapa iterasi menunjukkan bahwa metode Monte Carlo memiliki potensi kuat dalam memodelkan dan memperkirakan kejadian sosial seperti tindak pidana. Meskipun pada beberapa titik akurasi relatif lebih rendah, hal tersebut mencerminkan sifat alami data sosial yang memang dipengaruhi oleh banyak faktor eksternal dan tidak sepenuhnya dapat diprediksi secara deterministik.

Tabel 8. Prediksi Angka Kejahatan di Sumatera Utara 2024-2028

Tahun	Nilai Prediksi
2024	40704
2025	37102
2026	32990
2027	62278
2028	20924

Prediksi tindak pidana di Sumatera Utara menunjukkan pola yang tidak konsisten dalam lima tahun ke depan. Jumlah kasus diperkirakan menurun secara bertahap dari tahun 2024 hingga 2026, turun dari 40.704 menjadi sekitar 32.990. Namun, pada tahun 2027, diperkirakan terjadi lonjakan besar, dengan angka melonjak kembali ke kisaran 62.000 kasus, yang sama dengan puncak kriminalitas tahun 2023. Menariknya, angka kasus diproyeksikan turun drastis hingga 20.924 pada tahun 2028. Fluktuasi ini menggambarkan keadaan yang selalu berubah. Oleh karena itu, temuan prediksi ini penting untuk dipertimbangkan oleh para pembuat kebijakan ketika mereka membangun strategi pencegahan kejahatan yang fleksibel dan responsif terhadap lonjakan. Agar penanggulangan kejahatan lebih tepat sasaran, pemantauan yang berkelanjutan juga sangat penting.

3.2 Pembahasan

Penelitian ini memanfaatkan data historis jumlah tindak pidana di Indonesia selama periode tahun 2000 hingga 2023 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik terkait Jumlah Tindak Pidana menurut Kepolisian Daerah. Data tersebut kemudian diolah melalui pendekatan simulasi Monte Carlo guna meramalkan kecenderungan kriminalitas pada masa yang akan datang. Tahapan awal pengolahan melibatkan perhitungan Distribusi Probabilitas (DP) berdasarkan frekuensi kejadian tiap tahun. Selanjutnya, distribusi tersebut dikembangkan menjadi Distribusi Probabilitas Kumulatif (DPK) yang berperan sebagai dasar dalam penyusunan interval angka acak.

Interval angka acak ini kemudian dijadikan acuan dalam proses pemetaan angka-angka acak yang diperoleh menggunakan metode *Mixed Congruent*. Proses pembangkitan bilangan acak tersebut dilakukan dengan parameter tetap, yakni $a = 102, c = 17, m = 101$, dan nilai awal $Z_0 = 23$, sehingga menghasilkan deret angka acak yang stabil dan terdistribusi merata. Proses ini dinyatakan melalui persamaan (2).

Angka-angka acak yang terbentuk kemudian dipetakan ke dalam interval distribusi kumulatif guna menghasilkan prediksi jumlah tindak pidana yang tercermin dalam kolom "Hasil Simulasi". Nilai hasil simulasi menunjukkan sebaran yang mencerminkan dinamika angka kriminalitas dari tahun ke tahun. Tingkat akurasi yang diukur terhadap data aktual menunjukkan rentang yang cukup tinggi, yakni antara 40% hingga 100%, yang memperlihatkan bahwa pendekatan Monte Carlo memiliki kapabilitas prediktif yang menjanjikan dalam konteks ini.

Secara teoritis, penerapan Monte Carlo dalam konteks prediksi kejahatan ini selaras dengan kerangka simulasi stokastik, yang menekankan pada pentingnya mempertimbangkan fluktuasi alami dalam sistem. Kejahatan tidak bersifat deterministik dan dipengaruhi oleh banyak faktor eksternal, sehingga pendekatan prediktif berbasis probabilitas menjadi sangat relevan. Selain itu, penggunaan generator bilangan acak semu turut mendukung validitas simulasi dengan hasil yang mencerminkan variabilitas alami dari data historis.

Hasil simulasi menunjukkan tingkat akurasi prediksi yang cukup tinggi, yakni antara 40% hingga 95%. Temuan ini konsisten dengan beberapa penelitian sebelumnya yang juga menggunakan metode Monte Carlo, seperti studi Maulana (2024), yang mencatat akurasi 28 – 98% di sektor logistik dan impor beras, studi oleh Heryendy et al. (2023), yang mencatat akurasi sebesar 86% pada presiksi jumlah pendonor darah. Konsistensi ini menunjukkan bahwa metode Monte Carlo bersifat fleksibel dan dapat diterapkan secara luas, termasuk dalam ranah kriminologi prediktif. Selain itu, kemampuan simulasi ini untuk menghasilkan skenario ekstrem juga memperkuat nilai strategisnya dalam pengambilan keputusan berbasis risiko.

Dari sisi implementasi, hasil penelitian ini berkontribusi secara teoritis dalam memperluas cakupan penggunaan metode simulasi Monte Carlo ke dalam bidang sosial. Secara praktis, proyeksi yang dihasilkan dapat digunakan oleh pihak kepolisian atau pembuat kebijakan sebagai dasar antisipasi terhadap lonjakan tindak kriminal di masa depan. Dengan pendekatan berbasis data dan simulasi, strategi penanggulangan kejahatan dapat disusun secara lebih responsif, adaptif, dan kontekstual terhadap dinamika sosial yang terus berkembang.

Selain itu, penelitian ini tidak memasukkan variabel sosial seperti partisipasi pendidikan, tingkat urbanisasi, dan tingkat pengangguran yang dapat memengaruhi tingkat kriminalitas. Mereka dapat meningkatkan akurasi model prediksi karena memiliki korelasi erat dengan fluktuasi jumlah kejahatan. Penelitian masa depan dapat menyelidiki bagaimana berbagai variabel sosial-ekonomi secara bersamaan berdampak pada tingkat kriminalitas di Sumatera Utara dengan menggunakan analisis multivariat. Ada kemungkinan untuk membuat model regresi stokastik berbasis sosial yang lebih luas dengan menambah variabel ini. Seperti yang ditunjukkan oleh Handayani et al. (2025)

dan Saridewi et al. (2022), studi serupa menunjukkan hubungan yang signifikan antara faktor sosial dan perilaku kriminal.

Sebaliknya, aspek spasial belum dimasukkan ke dalam simulasi. Namun, analisis spasial sangat penting untuk menentukan "di mana" tindak pidana terkonsentrasi. Memetakan wilayah yang rawan kejahatan dapat dilakukan dengan lebih akurat dengan menggabungkan teknik *Geographic Information System* (GIS) atau spatial Monte Carlo. Dalam membuat strategi pencegahan berbasis wilayah, pembuat kebijakan akan sangat mendapat manfaat dari konteks spasial. Pengembangan model yang mempertimbangkan jaringan sosial yang ada antara pelaku kejahatan juga merupakan peluang penelitian lanjutan yang penting, selain dari sudut pandang spasial. Metode analisis jaringan sosial (SNA) memungkinkan analisis pola hubungan antar pelaku, kelompok kejahatan, dan kemungkinan penyebaran aktivitas kriminal. Ini dapat membantu memahami "mengapa" tingkat kriminalitas di suatu wilayah tinggi. Dalam hal kriminalitas, penelitian Sandi & Tempola (2022) adalah salah satu referensi penting untuk pendekatan spasial.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, penerapan Simulasi Monte Carlo dalam memodelkan jumlah tindak pidana di Sumatera Utara mampu merepresentasikan fluktuasi historis secara realistis. Model ini menghasilkan nilai prediktif yang mengikuti pola variatif dari tahun ke tahun, serta menunjukkan bahwa metode stokastik ini efektif dalam menghadirkan simulasi kejadian yang mencerminkan dinamika data kriminalitas. Akurasi prediksi yang tercapai pada sebagian besar tahun mengindikasikan bahwa pendekatan ini dapat digunakan sebagai dasar awal dalam analisis kuantitatif kriminalitas yang mempertimbangkan ketidakpastian.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing mata kuliah Stokastik yang telah memberikan bimbingan selama proses penyusunan jurnal ini. Penghargaan juga diberikan kepada Badan Pusat Statistik dan Kepolisian Daerah Sumatera Utara yang menyediakan data yang menjadi dasar penelitian ini. Dukungan dari teman-teman satu kelompok juga sangat berperan dalam kelancaran pelaksanaan penelitian ini.

6. REKOMENDASI

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar model Simulasi Monte Carlo ini dikombinasikan dengan pendekatan spasial atau analisis regresi untuk mendapatkan wawasan yang lebih komprehensif. Penelitian ini juga dapat dikembangkan dengan memperhitungkan faktor-faktor penyebab kriminalitas secara multivariat. Salah satu hambatan yang dihadapi dalam penelitian ini adalah keterbatasan variabel data pendukung seperti jenis tindak pidana, faktor

sosial-ekonomi, dan lokasi geografis yang dapat memperkuat analisis. Oleh karena itu, kolaborasi dengan instansi terkait serta pengembangan sistem pemodelan yang lebih kompleks akan sangat membantu untuk hasil yang lebih presisi dan aplikatif dalam kebijakan publik.

7. REFERENSI

Amirul Rizal, N., & Aslami, N. (2022). Analisis Studi Kelayakan Investasi Waralaba (Franchise). *Journal of Social Research*, *1*(4), 284–288. https://doi.org/10.55324/josr.v1i4.95

Daratullaila, & Sari, R. P. (2024). Prediksi Jumlah Kejahatan Di Indonesia Pada Tahun 2023 Dengan Metode Autoregressive Integrate Moving Average (Arima). *Jurnal Gamma-Pi*, *5*(2), 60–67. https://doi.org/10.33059/gamma-pi.v5i2.9523

Farisi, A. S. Al, & Riono, S. H. (2024). Aplikasi Prediksi Permintaan Produk Dengan Metode Simulasi Monte Carlo Berbasis Web. *Akiratech: Journal of Computer and …*, *1*(1), 18–27. https://journal.ajbnews.com/index.php/akiratech/article/view/9

Handayani, M., Sonny, G., & Kusuma, M. (2025). *Pengaruh Fraud Triangle Terhadap Kecurangan Laporan Keuangan*. *14*(2), 50–57.

Idellie, P. L., & Atok, R. M. (2023). Pemodelan Distribusi Kerugian Siber dengan Pendekatan Copula dan Perhitungan Premi Asuransi Siber. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, *12*(1). https://doi.org/10.12962/j23373520.v12i1.97479

Indriyan Dwi Kesuma, A., Irma Purnamasari, A., & Ali, I. (2024). Prediksi Jumlah Narapidana Menggunakan Algoritma Regresi Linier: Di Wilayah Cirebon. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *8*(1), 621–629. https://doi.org/10.36040/jati.v8i1.8364

Kurniawan, Y., Siregar, T., & Hidayani, S. (2022). Penegakan Hukum Oleh Polri Terhadap Pelaku Tindak Pidana Judi Online (Studi Pada Kepolisian Daerah Sumatera Utara). *ARBITER: Jurnal Ilmiah Magister Hukum*, *4*(1), 28–44. https://doi.org/10.31289/arbiter.v4i1.1203

Mahri, M. F. A., Mujtaba, N. Z., & Sari, A. P. (2025, January). Penerapan Metode Monte Carlo untuk Menentukan Rentang Waktu Perjalanan Bus Trans Jatim. In *Prosiding Seminar Implementasi Teknologi Informasi dan Komunikasi* (Vol. 4, No. 1, pp. 23-30).

Nurmiati. (2024). *Manajemen Sains: Konsep, Metodologi, dan Aplikasi* (Pertama). Widina Media Utama. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI

Sandi, M. A., & Tempola, F. (2022). Sistem Informasi Geografis Pengelompokkan Daerah Rawan Kriminalitas Menggunakan Metode Hierarchical Clustering. *Jurnal Jaringan Dan Teknologi …*, *1*(1), 14–18. https://doi.org/00.0000/jati

Saridewi, F., Lannai, D., Bakri, A., Pramukti, A., & Subhan, S. (2022). Pengaruh Kompetensi, Skeptisme Profesional Dan Pengalaman Auditor Terhadap Pengungkapan Fraud. *Center of Economic Students Journal*, *5*(1), 74–85. https://doi.org/10.56750/csej.v5i1.67

Siegel, L. J., & Worrall, J. L. (2022). *Criminology: The Core* (8th ed.). Cengage Learning.

Suparto, D., & Annas Rifki, A. (2023). Pengaruh Terpaan Berita Pelecehan Seksual Di Kampus Terhadap Tingkat Kecemasan Mahasiswa. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, *3*(5), 4946–4957. https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/5454

Waruwu, M., Pu`at, S. N., Utami, P. R., Yanti, E., & Rusydiana, M. (2025). Metode Penelitian Kuantitatif: Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *10*(1), 917–932. https://doi.org/10.29303/jipp.v10i1.3057

Watrianthos, R., Suryadi, S., Kusmanto, & Samsir, S. (2023). Pemetaan Tingkat Kriminalitas di Indonesia: Analisis Spasial dengan Pendekatan SIG pada Tingkat Provinsi. *Bulletin of Information Technology (BIT)*, *4*(3), 353–360. https://doi.org/10.47065/bit.v4i3.861