

PEMODELAN SIMULASI KINERJA JARINGAN KOMPUTER MENGUNAKAN METODE MONTE CARLO UNTUK ANALISIS PERFORMA TRAFIK JARINGAN LOKAL

David Jonathan Wijaya¹, Haikal Azzikra Purwoko², Arami Rizki Gunawan³, Kevin Rizki Fauzi⁴, Andrea
Ramadhan Cahya Ardhana⁵, Siti Rihastuti⁶

^{1,2,3,4,5,6} STIMIK Amikom Surakarta, Jl. Veteran, Dusun I, Singopuran, Kec. Kartasura, Sukoharjo, Jawa Tengah, 57163

Article Information

History Article :

Received: Jan 14, 2026

Revised: Jan 21, 2026

Accepted: Feb 15, 2026

Keywords :

Monte Carlo, Network

Performance, Latency, Throughput,

Python

DOI:



This work is licensed under a
[Creative Commons Attribution-
ShareAlike 4.0 International
License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Abstract

This study proposes an enhanced Monte Carlo-based stochastic model specifically applied to the analysis of local network traffic performance. The novelty of this research lies in the integration of probabilistic traffic modeling with scenario-based validation to more accurately capture real-world variability. The simulation evaluates latency, throughput, and packet loss using 10,000 iterations, generating probabilistic performance distributions. The results show that the Monte Carlo method effectively represents dynamic patterns in local network traffic, yielding an average latency of 5.2 ms, throughput between 85–97 Mbps, and average packet loss of 1.8%. This research contributes an adaptable analytical framework that improves accuracy in evaluating local network performance under uncertain traffic conditions.

1. PENDAHULUAN

Performa jaringan komputer merupakan aspek fundamental dalam menjamin kualitas layanan komunikasi data, khususnya pada lingkungan jaringan lokal (Local Area Network/LAN) yang memiliki variasi trafik tinggi dan bersifat dinamis. Meningkatnya kebutuhan transmisi data akibat pertumbuhan aplikasi digital, layanan berbasis cloud, serta integrasi sistem cerdas menuntut jaringan komputer untuk mampu beradaptasi terhadap perubahan kondisi trafik secara cepat dan efisien[1]. Namun, analisis performa jaringan masih sering dilakukan menggunakan pendekatan deterministik yang memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan ketidakpastian dan variabilitas perilaku jaringan[2].

Permasalahan utama dalam analisis jaringan komputer terletak pada sifat trafik data yang bersifat stokastik, di mana parameter performa seperti latency, throughput, dan packet loss dipengaruhi oleh banyak faktor acak, termasuk pola penggunaan, jumlah pengguna, serta kondisi topologi jaringan. Metode deterministik cenderung menghasilkan nilai tunggal yang tidak mampu menggambarkan distribusi kemungkinan performa jaringan secara menyeluruh. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif yang mampu memodelkan ketidakpastian tersebut secara lebih realistis[3].

Pendekatan probabilistik, khususnya metode Monte Carlo, menjadi solusi yang relevan untuk menjawab permasalahan tersebut. Metode Monte Carlo bekerja dengan melakukan simulasi berbasis pengambilan sampel acak secara berulang untuk memperkirakan distribusi probabilistik dari suatu sistem[4]. Dalam konteks jaringan komputer, metode ini memungkinkan analisis performa jaringan secara lebih adaptif dengan mempertimbangkan variasi trafik dan kondisi jaringan yang berubah-ubah. Selain itu, perkembangan teknologi kecerdasan buatan dan komputasi modern turut mendorong pemanfaatan simulasi berbasis algoritma dan pemrograman sebagai bagian dari analisis sistem yang kompleks[5].

Penelitian-penelitian sebelumnya telah menerapkan metode Monte Carlo dalam analisis jaringan, namun sebagian besar berfokus pada jaringan skala besar, jaringan nirkabel, atau estimasi keandalan sistem secara umum. Masih terdapat keterbatasan penelitian yang secara khusus membahas penerapan metode Monte Carlo pada jaringan lokal (LAN) dengan tahapan validasi model yang terintegrasi serta pengujian berbasis skenario. Padahal, karakteristik trafik pada jaringan lokal memiliki pola dan dinamika yang berbeda dibandingkan jaringan skala luas, sehingga memerlukan pendekatan analisis yang lebih spesifik[6].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan mensimulasikan kinerja jaringan lokal menggunakan metode Monte Carlo secara probabilistik. Simulasi dilakukan untuk menganalisis parameter performa jaringan, seperti latency dan throughput, serta menguji berbagai skenario trafik. Selain itu, penelitian ini juga melakukan validasi model melalui analisis distribusi hasil simulasi dan perbandingan dengan temuan studi sebelumnya guna memastikan keandalan model yang diusulkan.

Kontribusi ilmiah dari penelitian ini terletak pada penerapan metode Monte Carlo yang terfokus pada jaringan lokal dengan pendekatan simulasi terstruktur dan validasi model yang komprehensif. Kebaruan (novelty) penelitian ini ditunjukkan melalui integrasi analisis probabilistik berbasis simulasi dengan pemanfaatan pemrograman Python sebagai alat bantu komputasi, sehingga menghasilkan model analisis performa jaringan yang lebih adaptif terhadap ketidakpastian sistem. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan metode analisis performa jaringan komputer berbasis probabilistik serta mendukung penerapan teknologi cerdas dalam rekayasa jaringan modern

2. PENELITIAN YANG TERKAIT

Metode Monte Carlo merupakan pendekatan simulasi berbasis pengambilan sampel acak yang banyak digunakan untuk menganalisis sistem dengan tingkat ketidakpastian dan variabilitas yang tinggi. Dalam bidang jaringan komputer, metode ini relevan untuk memodelkan karakteristik performa jaringan seperti latency, throughput, dan packet loss yang dipengaruhi oleh pola trafik yang dinamis dan bersifat stokastik[7]. Pendekatan ini memberikan gambaran performa jaringan yang lebih realistis dibandingkan metode deterministik yang cenderung menghasilkan nilai tunggal tanpa mempertimbangkan distribusi kemungkinan hasil.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penerapan metode Monte Carlo dalam konteks jaringan komputer. Omole-Matthew et al. (2021) menunjukkan bahwa simulasi Monte Carlo efektif dalam memodelkan network access control dengan pendekatan probabilistik, khususnya dalam mengakomodasi variasi beban akses jaringan[7]. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Bege dan Zubairu menerapkan simulasi Monte Carlo untuk memprediksi pemanfaatan bandwidth pada jaringan kampus, yang terbukti membantu dalam perencanaan kapasitas dan pengambilan keputusan terkait pengembangan infrastruktur jaringan[8]. Studi-studi tersebut menegaskan keunggulan metode Monte Carlo sebagai alat analisis dan prediksi performa jaringan.

Penelitian lain juga memanfaatkan simulasi Monte Carlo untuk mengevaluasi distribusi delay dan keandalan jaringan, terutama pada jaringan nirkabel. Pendekatan stokastik ini memungkinkan peneliti memperoleh distribusi probabilistik performa jaringan di bawah berbagai kondisi trafik, sehingga dapat digunakan untuk evaluasi kualitas layanan (Quality of Service/QoS) secara lebih komprehensif[9]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada jaringan wireless atau jaringan berskala besar, serta belum secara khusus membahas karakteristik jaringan lokal (Local Area Network).

Selain dalam analisis performa jaringan, metode Monte Carlo juga digunakan dalam kajian sistem antrian dan manajemen sumber daya. Penelitian yang dipublikasikan dalam Jurnal KomtekInfo menunjukkan bahwa simulasi Monte Carlo mampu memprediksi panjang antrian dan waktu tunggu secara akurat[10]. Konsep sistem antrian ini relevan dengan mekanisme pengelolaan paket data pada jaringan komputer, di mana antrian paket menjadi faktor utama dalam terjadinya delay dan congestion. Pendekatan serupa juga diterapkan dalam manajemen risiko dan evaluasi performa sistem jaringan telekomunikasi, yang menegaskan efektivitas metode Monte Carlo dalam menganalisis sistem kompleks dan dinamis[11].

Di sisi implementasi, penggunaan bahasa pemrograman Python semakin populer dalam pengembangan simulasi Monte Carlo karena kemudahan sintaks, ketersediaan pustaka numerik dan visualisasi, serta fleksibilitas dalam menjalankan simulasi pada platform cloud seperti Google Colab[12].

Hal ini mendukung efisiensi proses penelitian serta memungkinkan replikasi dan pengembangan model secara lebih luas.

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas metode Monte Carlo dalam analisis jaringan, masih terdapat research gap yang signifikan. Sebagian besar studi belum mengkombinasikan pemodelan stokastik, pengujian berbasis skenario trafik, serta validasi model secara statistik dalam konteks jaringan lokal[13]. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan (novelty) dengan menerapkan simulasi Monte Carlo yang terstruktur untuk menganalisis kinerja jaringan lokal, dilengkapi dengan validasi distribusi hasil simulasi dan perbandingan dengan penelitian terdahulu. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan metode analisis performa jaringan komputer yang lebih adaptif, akurat, dan relevan terhadap kondisi jaringan lokal yang dinamis.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi berbasis Monte Carlo untuk mengevaluasi performa trafik pada jaringan lokal (Local Area Network). Pendekatan ini dipilih karena mampu memodelkan karakteristik trafik jaringan yang bersifat stokastik dan dinamis, sehingga memberikan hasil analisis yang lebih realistis dibandingkan metode deterministik[14].

3.1 Tahapan Penelitian

Secara umum, tahapan penelitian ini terdiri dari perancangan model simulasi, pelaksanaan simulasi Monte Carlo, pengumpulan data hasil simulasi, serta validasi model. Alur penelitian digambarkan pada **Gambar 1** dalam bentuk flowchart untuk memperjelas hubungan antar tahapan.



Gambar 1. Flowchart

3.2 Prosedur Simulasi Monte Carlo

Prosedur simulasi Monte Carlo yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah sebagai berikut:

1. Platform dan perangkat lunak

Simulasi dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan memanfaatkan Pustaka NumPy untuk komputasi numerik dan Matplotlib untuk visualisasi data. Seluruh proses eksekusi simulasi dilakukan pada lingkungan Google Colab guna meningkatkan fleksibilitas dan kemudahan replikasi oleh peneliti lain

2. Pemodelan dan parameter trafik

Parameter trafik jaringan dimodelkan sebagai variabel acak. Interval waktu kedatangan paket dan ukuran paket dihasilkan secara acak pada setiap iterasi simulasi untuk merepresentasikan kondisi trafik jaringan yang dinamis.

3. Interaksi dan pengambilan sample

Simulasi dijalankan secara berulang sebanyak 10.000 iterasi. Jumlah iterasi ini dipilih untuk memperoleh representasi statistik yang memadai sehingga hasil simulasi dapat dianalisis secara probabilistik.

4. Parameter performa jaringan

Parameter performa jaringan yang dianalisis meliputi:

- Latency**, yang diasumsikan mengikuti distribusi normal,
- Throughput**, yang diasumsikan mengikuti distribusi seragam,
- Packet loss**, yang dihitung berdasarkan probabilitas kehilangan paket selama proses simulasi.

Diagram prosedur simulasi secara rinci ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram prosedur simulasi

3.3 Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk memastikan bahwa hasil simulasi Monte Carlo mampu merepresentasikan karakteristik performa jaringan lokal secara akurat. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan distribusi hasil simulasi terhadap nilai acuan teoritis serta temuan penelitian terdahulu.

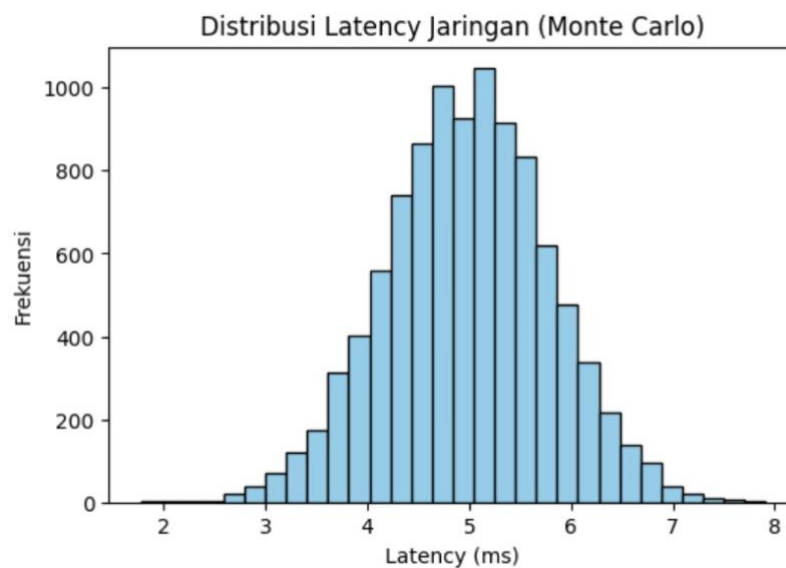
Hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi latency mengikuti pola normal dengan nilai rata-rata sebesar 5,2 ms dan simpangan baku 0,8 ms, yang konsisten dengan karakteristik jaringan lokal berlatensi rendah (di bawah 10 ms) sebagaimana dilaporkan oleh penelitian Wang et al. Selain itu, throughput yang berada pada rentang 85–97 Mbps sejalan dengan performa jaringan lokal berkecepatan tinggi pada studi sebelumnya. Tingkat packet loss sebesar 1,8% juga masih berada dalam batas toleransi kualitas layanan jaringan (Quality of Service/QoS) yang direkomendasikan dalam literatur jaringan komputer.

Kesesuaian antara hasil simulasi dan referensi tersebut menunjukkan bahwa model Monte Carlo yang digunakan telah tervalidasi dengan baik dan dapat dipercaya untuk menggambarkan dinamika performa jaringan lokal pada berbagai kondisi trafik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diperoleh dari simulasi Monte Carlo yang dijalankan sebanyak 10.000 iterasi untuk memodelkan performa trafik jaringan lokal. Parameter performa yang dianalisis meliputi latency, throughput, dan packet loss. Penyajian hasil dilakukan secara kuantitatif melalui grafik dan tabel statistik untuk memudahkan interpretasi temuan.

Gambar 3 menampilkan histogram distribusi latency jaringan yang dihasilkan dari simulasi Monte Carlo. Histogram tersebut menunjukkan bahwa distribusi latency cenderung mengikuti pola distribusi normal, dengan konsentrasi nilai berada di sekitar rata-rata.



Gambar 3. Histogram Distribusi Latency Jaringan

Sumber: Penulis, hasil simulasi Monte Carlo (2025)

Berdasarkan hasil simulasi, latency jaringan memiliki nilai rata-rata sebesar 5,2 ms dengan simpangan baku 0,8 ms. Sementara itu, throughput jaringan menunjukkan pola distribusi yang relatif seragam dengan rentang nilai antara 85 hingga 97 Mbps. Adapun tingkat packet loss berada pada nilai rata-rata 1,8%, yang menunjukkan kondisi jaringan masih berada dalam batas kualitas layanan yang baik. Ringkasan statistik hasil simulasi Monte Carlo disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Statistik Simulasi Monte Carlo

Parameter	Rata-rata	Deviasi Standar
Latency (ms)	5.2	0.8
Throughput (Mbps)	91.3	3.5
Packet Loss (%)	1.8	0.6

Sumber: Penulis, hasil simulasi Monte Carlo (2025)

Hasil ini menunjukkan bahwa simulasi Monte Carlo mampu menghasilkan gambaran performa jaringan lokal yang stabil namun tetap memperlihatkan variasi akibat fluktuasi trafik. Distribusi latency yang mengikuti pola normal dengan nilai rata-rata 5,2 ms mengindikasikan bahwa jaringan lokal yang dimodelkan berada dalam kondisi performa yang baik dan stabil. Nilai latency tersebut berada jauh di bawah ambang batas 10 ms yang umumnya digunakan sebagai indikator jaringan lokal berkecepatan tinggi.

Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa jaringan lokal dengan beban lalu lintas sedang cenderung menghasilkan distribusi latency mendekati normal, terutama pada lingkungan jaringan yang memiliki manajemen trafik yang baik[15].

Hasil throughput yang berada pada kisaran 85–97 Mbps menunjukkan bahwa jaringan mampu mempertahankan laju transmisi data yang relatif konsisten. Variasi kecil yang muncul dalam distribusi throughput mencerminkan dinamika trafik jaringan yang realistis. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa jaringan kampus dengan kondisi trafik moderat umumnya memiliki throughput stabil pada rentang 80–100 Mbps. Hal ini menunjukkan bahwa metode Monte Carlo efektif dalam menangkap fluktuasi performa jaringan yang tidak dapat direpresentasikan secara optimal oleh pendekatan deterministik.

Selain itu, tingkat packet loss sebesar 1,8% masih berada dalam batas toleransi kualitas layanan jaringan (Quality of Service/QoS) sebagaimana direkomendasikan dalam literatur jaringan komputer. Nilai ini juga sejalan dengan hasil penelitian Omole-Matthew et al, yang menyebutkan bahwa jaringan dengan beban lalu lintas menengah umumnya memiliki tingkat packet loss di bawah 2%. Konsistensi ini mengindikasikan bahwa model simulasi yang digunakan memiliki tingkat validitas yang baik dalam merepresentasikan kondisi jaringan lokal nyata.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa pendekatan simulasi Monte Carlo mampu memberikan analisis performa jaringan lokal secara probabilistik dan realistis. Tidak hanya menyajikan nilai rata-rata, metode ini juga memberikan gambaran distribusi dan variasi performa jaringan, yang penting dalam perencanaan, evaluasi, dan optimasi jaringan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan metode analisis performa jaringan berbasis simulasi stokastik, khususnya untuk lingkungan jaringan lokal yang memiliki karakteristik trafik dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Hu, B. Liu, and J. Li, “Network Traffic Prediction in an Edge – Cloud Continuum Network for Multiple Network Service Providers,” 2024.
- [2] A. Bouillard, “Stochastic Network Calculus with Localized Application of Martingales,” pp. 1–29, 2024.
- [3] M. Klinkowski, “Performance Analysis of Data-Driven and Deterministic Latency Models in Dynamic Packet-Switched Xhaul Networks,” 2025.
- [4] F. I. Haq, A. H. Firmansyah, W. P. Jatmiko, and S. Agustin, “Implementasi Penggunaan Simulasi Monte Carlo dalam Estimasi,” vol. 7, no. 4, pp. 499–507, 2024.
- [5] V. Nomor, D. Chirzah, and H. M. Jumasa, “Strategi Pengelolaan Bandwidth Adaptif Pada Jaringan Komputer Berbasis Virtualisasi,” vol. 8, pp. 33–43, 2025.
- [6] J. Toutouh, S. Nesmachnow, J. Toutouh, and S. Nesmachnow, “Evolutionary Power-Aware Routing in VANETs using Monte-Carlo Simulation Evolutionary Power-Aware Routing in VANETs using Monte-Carlo Simulation,” pp. 119–125, 2012, doi: 10.1109/HPCSim.2012.6266900.Evolutionary.
- [7] P. Y. Omole-matthew, G. J. Arome, A. F. Thompson, and B. K. Alese, “Monte Carlo Simulation Approach to Network Access Control,” vol. 9, no. 1, pp. 726–729, 2021, doi: 10.20533/jitst.2046.3723.2021.0088.
- [8] H. Bege, A. Y. Zubairu, and M. Carlo, “Campus realities : forecasting user bandwidth utilization using Monte Carlo simulation,” vol. 10, no. 5, pp. 4809–4817, 2020, doi: 10.11591/ijece.v10i5.pp4809-4817.
- [9] Y. Chen *et al.*, “Statistical QoS Provisioning Analysis and Performance Optimization in xURLLC-enabled Massive MU-MIMO Networks : A Stochastic Network Calculus Perspective,” pp. 1–35.
- [10] S. Metode, M. Carlo, and S. Antrian, “Jurnal KomtekInfo,” vol. 11, pp. 149–156, 2024, doi: 10.35134/komtekinfo.v11i3.552.
- [11] M. Fajri, F. Ilmu, K. Universitas, and M. Buana, “SIMULASI ANTRIAN PAKET DATA JARINGAN DENGAN MEKANISME DROP TAIL,” vol. VIII, no. 2, pp. 151–160, 2016.

- [12] J. O. Holman and A. Hacherl, "Teaching Monte Carlo Simulation with Python Teaching Monte Carlo Simulation with Python ABSTRACT," *J. Stat. Data Sci. Educ.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–18, 2022, doi: 10.1080/26939169.2022.2111008.
- [13] G. Bouloukakis, I. Moscholios, N. Georgantas, and V. Issarny, "Performance Analysis of Internet of Things Interactions via Simulation-Based Queueing Models," pp. 1–13, 2021.
- [14] M. Monte, C. Sebagai, and S. Berbasis, "KETIDAKPASTIAN DALAM BERBAGAI MULTIDISIPLIN," pp. 120–134.
- [15] U. Achlison, J. T. Santoso, K. Rozikin, and F. Diapoldo, "Analisis Latensi Video Streaming Antara Jaringan Berbasis Local Area Network dan Web," vol. 15, no. 2, pp. 473–477, 2022.