

## Penerapan Metode Monte Carlo untuk Menentukan Rentang Waktu Perjalanan Bus Trans Jatim

Muhammad Fahmi Abdillah Mahri, Novian Zulfi Mujtaba, Anggraini Puspita Sari\*

*Informatika, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur*

\*Penulis korespondensi. E-mail: anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id

---

### ABSTRACT

*Accurate determination of the travel time span of transport is an important factor in the operational management of public transportation services, such as Transport Trans Jatim. This study applies the Monte Carlo method to analyze the travel time of transport to several cities in East Java. Travel information, including travel duration, distance traveled, number of stops, and external factors such as weather and traffic conditions, are collected through field surveys and operational records. Probability distributions based on historical information are used to simulate various random travel scenarios. The simulation results show a more accurate distribution of travel time spans, which can be used as a basis for operational planning, departure scheduling, and task force management. This study proves the effectiveness of the Monte Carlo method in capturing variations in travel time caused by uncertainty, and provides practical recommendations for Transport Trans Jatim managers to improve service efficiency and passenger satisfaction.*

---

### Keywords

Bus Trans Jatim,  
Monte Carlo,  
Prediction,  
Simulation

### ABSTRAK

Penentuan rentang waktu perjalanan transportasi secara akurat merupakan faktor penting dalam pengelolaan operasional layanan transportasi umum, seperti Transport Trans Jatim. Penelitian ini menerapkan metode Monte Carlo untuk menganalisis waktu perjalanan transport menuju beberapa kota di Jawa Timur. Informasi perjalanan, meliputi durasi perjalanan, jarak tempuh, jumlah pemberhentian, serta faktor eksternal seperti kondisi cuaca dan lalu lintas, dikumpulkan melalui survei lapangan dan catatan operasional. Distribusi probabilitas berdasarkan informasi historis digunakan untuk mensimulasikan berbagai skenario perjalanan secara acak. Hasil simulasi menunjukkan distribusi rentang waktu perjalanan yang lebih akurat, yang dapat dijadikan dasar perencanaan operasional, penjadwalan keberangkatan, dan manajemen task force. Studi ini membuktikan efektivitas metode Monte Carlo dalam menangkap variasi waktu tempuh yang disebabkan oleh ketidakpastian, serta memberikan rekomendasi praktis bagi pengelola Transport Trans Jatim untuk meningkatkan efisiensi layanan dan kepuasan penumpang.

---

## PENDAHULUAN

Setiap bangsa mempunyai kewajiban dan hak untuk melayani warga negaranya agar hak dan kebutuhan mereka terpenuhi. Pelayanan publik sendiri merupakan landasan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945. Keputusan Menteri Dalam Negeri Nomor KEP/25/M.PAN/2/2004, mendefinisikan pelayanan publik sebagai segala bentuk kegiatan yang dilakukan yang dilakukan oleh penyelenggara pelayanan publik dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan pelayanan masyarakat. Penyedia layanan publik adalah organisasi pemerintah, di tingkat pusat dan daerah.

Bus Trans Jatim merupakan salah satu layanan public moda transportasi utama yang menghubungkan berbagai kota di Jawa Timur, seperti Sidoarjo, Surabaya, Gresik, Mojokerto, dan Bangkalan. Rute perjalanan memiliki berbagai karakteristik, mulai dari panjang rute perjalanan, kondisi infrastruktur jalan, hingga kepadatan lalu lintas yang berbeda-beda. Ketidakpastian mengenai waktu tempuh untuk rute-rute tersebut seringkali disebabkan oleh faktor eksternal seperti kemacetan lalu lintas, cuaca buruk, dan pola perjalanan penumpang yang tidak teratur. Hal ini menimbulkan tantangan dalam merencanakan jadwal keberangkatan, mengelola kendaraan, dan menjaga ketepatan waktu tempuh.

Metode simulasi Monte Carlo merupakan metode evaluasi model deterministik yang menggunakan bilangan acak sebagai salah satu masukannya. Metode ini sering digunakan jika model yang digunakan cukup kompleks, non-linier, atau mempunyai lebih dari satu pasang parameter yang tidak pasti (Hudori, 2016).

Urgensi penelitian ini bermula dari kenyataan bahwa ketidakpastian waktu tempuh dapat mempengaruhi kepuasan penumpang dan efisiensi operasional. Keterlambatan bus tidak hanya membuang waktu penumpang, tetapi juga dapat melemahkan kepercayaan masyarakat terhadap transportasi umum. Lebih jauh, pengelolaan armada yang kurang optimal akibat estimasi waktu tempuh yang tidak akurat dapat mengakibatkan pemborosan sumber daya baik dari segi bahan bakar, tenaga kerja, maupun waktu operasi. Oleh karena itu, untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan pendekatan yang dapat memperkirakan waktu tempuh dengan lebih akurat.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian ini menerapkan metode Monte Carlo sebagai pendekatan estimasi waktu tempuh perjalanan bus trans-Jatim. Menurut Hundori (2014) metode simulasi Monte Carlo merupakan metode evaluasi model deterministik yang menggunakan bilangan acak sebagai salah satu masukannya. Prosesnya diawali dengan pengumpulan data historis seperti rata-rata waktu tempuh antar kota, variasi waktu akibat kepadatan lalu lintas, dan pola pergerakan penumpang. Data ini digunakan untuk membuat model simulasi yang menggambarkan kondisi dunia nyata dengan menggunakan distribusi probabilitas untuk variabel yang memengaruhi waktu tempuh seperti: B. Kecepatan bus rata-rata dan frekuensi kemacetan.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Bus Trans Jatim**

Bus Trans Jatim merupakan layanan angkutan umum berbasis Bus Rapid Transit (BRT) yang beroperasi di wilayah Jawa Timur. Layanan ini bertujuan untuk menyediakan alternatif transportasi yang aman, nyaman, dan efisien bagi masyarakat sekaligus mengurangi kemacetan lalu lintas dan emisi karbon. Bus Trans Jatim menghubungkan berbagai kota dan kabupaten di Jawa Timur dengan jadwal keberangkatan yang teratur dan tarif yang terjangkau. Bus ini menawarkan berbagai fasilitas seperti sistem tiket elektronik, halte bus yang modern, dan aksesibilitas yang baik bagi seluruh penumpang, termasuk yang berkebutuhan khusus. Manajemen operasional Bus Trans Jatim menghadapi tantangan dalam menentukan waktu tempuh yang akurat dengan memperhitungkan variasi faktor eksternal seperti kondisi lalu lintas, cuaca, pola perjalanan penumpang, dan lain sebagainya. Untuk mengatasi tantangan ini diperlukan pendekatan yang mampu menangkap variabilitas dan ketidakpastian waktu tempuh sehingga rencana operasional dapat disusun secara lebih optimal.

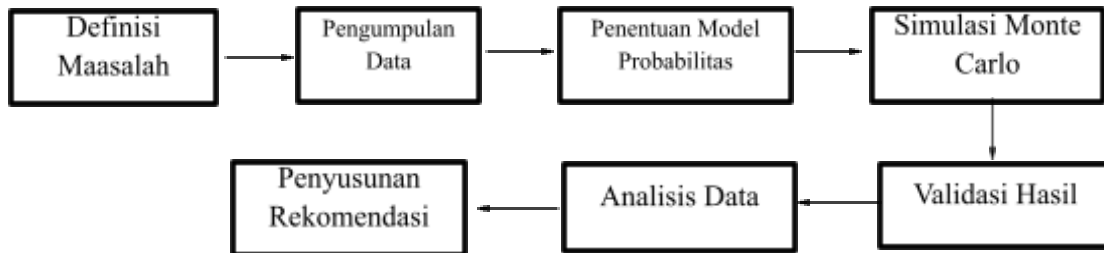
### **Penerapan Metode Monte Carlo Dalam Menentukan Waktu Perjalanan**

Metode Monte Carlo adalah pendekatan simulasi berbasis probabilitas untuk memodelkan dan menganalisis sistem yang kompleks dan tidak pasti. Metode ini bekerja dengan menghasilkan sejumlah besar skenario acak berdasarkan distribusi probabilitas yang mencerminkan kondisi dunia nyata. Dalam domain transportasi, Monte Carlo digunakan untuk mensimulasikan berbagai variabel yang memengaruhi waktu tempuh, seperti kecepatan rata-rata, waktu berhenti di halte bus, dan kondisi lalu lintas. Saat menerapkan metode Monte Carlo untuk menentukan waktu tempuh bus Trans Jatim, data historis seperti waktu tempuh, jarak tempuh, jumlah pemberhentian, dan variabel eksternal lainnya dikumpulkan dan dianalisis. Distribusi probabilitas untuk masing-masing variabel ini digunakan untuk mensimulasikan skenario perjalanan acak. Hasil simulasi memberikan estimasi distribusi waktu tempuh yang lebih akurat, yang dapat digunakan untuk menentukan rentang waktu tempuh yang realistis. Keunggulan metode Monte Carlo adalah dapat menangkap variasi yang tidak terduga dan memberikan hasil yang mencerminkan kondisi dunia nyata. Dengan menggunakan hasil simulasi ini, pengelola bus Trans Jatim dapat mengoptimalkan rencana keberangkatan, mengelola kapasitas kendaraan, dan meningkatkan kepuasan penumpang. Penelitian sebelumnya

telah menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam mengatasi ketidakpastian waktu tempuh di berbagai sistem transportasi dan merupakan pilihan yang tepat bagi Bus Trans Jatim.

## METODE

Metode monte carlo digunakan untuk menentukan rentang waktu perjalanan bus trans jatim. Model penelitian monte carlo dalam (Rubinstein,2016) terdiri dari 7 tahapan yaitu (1) Definisi Masalah, (2) Pengumpulan Data, (3) Penentuan Model Probabilitas (4) Simulasi Monte Carlo, (5) Validasi hasil, (6) Analisis Hasil, (7) Penyusunan Rekomendasi.



Gambar 1. Diagram Alur Metode Penelitian

### Definisi Masalah

Efisiensi waktu tempuh menjadi faktor utama dalam angkutan umum, termasuk Bus Trans Jatim. Namun, waktu tempuh sering kali bervariasi karena ketidakpastian yang disebabkan oleh variabel seperti volume lalu lintas, kondisi cuaca, jumlah pemberhentian, dan kecepatan rata-rata. Hal ini dapat memengaruhi jadwal keberangkatan dan kedatangan bus, kepuasan penumpang, dan manajemen armada. Metode yang digunakan saat ini untuk menghitung waktu tempuh masih bersifat deterministik dan karena itu kurang mampu mencerminkan variabilitas dan ketidakpastian yang ada di dunia nyata. Oleh karena itu, pendekatan yang lebih adaptif dan berbasis data diperlukan untuk memperkirakan waktu tempuh secara akurat. Metode Monte Carlo menawarkan solusi dengan memungkinkan simulasi berbagai skenario perjalanan berdasarkan data historis dan distribusi probabilitas. Namun penerapannya belum meluas pada angkutan umum di Jawa Timur, khususnya bus Trans Jatim.

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui kombinasi data primer dan sekunder untuk memastikan keakuratan dalam memperkirakan waktu tempuh bus Trans Jatim. Data primer diperoleh dengan pengamatan langsung terhadap waktu tempuh pada masing-masing rute seperti Sidoarjo-Surabaya, Surabaya-Bangkalan dll pada kondisi lalu lintas yang berbeda seperti jam sibuk dan jam non-sibuk. Data sekunder, seperti jarak antar kota, diambil dari sumber terpercaya seperti peta digital dan dokumen administrasi bus resmi. Selanjutnya, data tambahan seperti waktu berhenti di halte bus (2-5 menit) dan dampak cuaca buruk (tambahan 5-15 menit) diambil dari perusahaan bus dan laporan internal BMKG. Pemantauan lalu lintas dilakukan dengan menganalisis pola berdasarkan data historis. Semua data ini dimasukkan ke dalam simulasi Monte Carlo yang memodelkan waktu perjalanan dengan memperhitungkan variabel seperti kecepatan bus rata-rata dan waktu tambahan akibat kemacetan (10% hingga 30%). Cara ini menjamin hasil yang sangat relevan dan dapat digunakan untuk mengoptimalkan jadwal bus Trans Jatim.

### Penentuan Model Probabilitas

Menentukan model probabilitas merupakan langkah penting dalam penelitian untuk memodelkan variabel acak yang mempengaruhi suatu proses atau sistem tertentu, seperti waktu tempuh bus Trans Jatim. Model probabilistik membantu menjelaskan pola ketidakpastian dalam variabel yang diteliti, berdasarkan data historis atau asumsi logis. Dalam penelitian ini, variabel yang dipertimbangkan meliputi: (1) Kondisi Lalu Lintas, (2) Waktu Tempuh Antar Kota, (3) Jarak Antar Kota, (4) Kondisi Cuaca

## Analisis Data

Analisis data operasi bus Trans Jatim dilakukan dengan menggunakan metode simulasi Monte Carlo. Banyak faktor yang diperhitungkan, termasuk waktu tempuh sebenarnya, jarak antar kota, kondisi lalu lintas, waktu berhenti di halte bus, dan kondisi cuaca. Untuk memperoleh perkiraan waktu tempuh yang lebih akurat, simulasi dijalankan hingga 10.000 kali. Hasilnya menunjukkan bahwa waktu tempuh rata-rata adalah 70,86 menit, yang bervariasi secara signifikan karena kemacetan lalu lintas dan cuaca buruk. Melihat grafik perbandingan lalu lintas, kita dapat melihat bahwa waktu tempuh lebih lama saat terjadi kemacetan. Misalnya pada rute Surabaya-Bangkalan, waktu tempuh akan bertambah dari 75 menit menjadi 95 menit. Analisis ini memberi operator transportasi wawasan utama untuk mengoptimalkan perencanaan perjalanan dan meningkatkan efisiensi layanan, sekaligus memungkinkan penumpang untuk merencanakan perjalanan mereka dengan lebih baik.

## Simulasi Monte Carlo

Simulasi merupakan ilmu yang memiliki penerapan yang luas dalam berbagai bidang, mulai dari manufaktur hingga militer. Menurut Law, Averill M., and David Kelton. Ada banyak jenis simulasi yang berbeda, tetapi dapat dikategorikan ke dalam tiga dimensi berbeda: statis/dinamis, deterministik/stokastik, dan diskrit/kontinu. Dalam Law, A. M., & Kelton, W. D. (2007). *Simulation Modeling and Analysis*. Prentice-Hall, 1975. aplikasi simulasi transportasi bus perkotaan, ada beberapa variabel yang dapat berubah, seperti antrian penumpang, waktu kedatangan dan keberangkatan setiap bus di halte bus, dan waktu naik dan turun penumpang di halte bus. Karena banyaknya variabel yang dapat diubah dan rute yang digunakan adalah rute yang direncanakan, maka penggunaan simulasi Monte Carlo sangatlah tepat karena terdapat variabel yang menggunakan bilangan acak agar proses simulasi dapat berjalan. mungkin. Tabel 1. Rentang Waktu Koridor Perjalanan Bus Trans Jatim.

Simulasi Monte Carlo adalah jenis simulasi yang menggunakan angka acak untuk menentukan beberapa variabel, dan simulasi ini digunakan untuk memecahkan beberapa masalah yang bersifat stokastik dan deterministik. Contoh penerapan simulasi Monte Carlo adalah pengembangan bom atom selama Perang Dunia II. Secara umum, simulasi ini dapat diterapkan pada studi kasus perencanaan bus kota. Hal ini karena tidak mungkin untuk mengamati aktivitas bus normal pada rute yang direncanakan, dan oleh karena itu studi kasus memerlukan penggunaan nilai acak untuk beberapa parameter. Fishman, G. S. (2013).

Tabel 1 Simulasi Studi Kasus

Koridor	Kota A – kota B	Waktu tempuh (menit/jam)	Jarak Kota A – Kota B
1.	<i>Sidoarjo - Surabaya</i>	<i>30 menit – 60 menit</i>	<i>25 km</i>
2.	<i>Surabaya – Gresik</i>	<i>30 menit – 45 menit</i>	<i>20 km</i>
3.	<i>Gresik – Lamongan</i>	<i>45 menit – 60 menit</i>	<i>35 km</i>
4.	<i>Mojokerto – Gresik</i>	<i>60 menit – 90 menit</i>	<i>50 km</i>
5.	<i>Surabaya - Bangkalan</i>	<i>75 menit – 95 menit</i>	<i>59 km</i>

*Note: data bisa berubah ubah sesuai dengan kondisi lalu lintas, cuaca, dan faktor lainnya.*

- Rute 1 (Sidoarjo - Surabaya): Rentang waktu perjalanan berada di antara 30 menit sampai 60 menit
- Rute 2 (Surabaya - Gresik): Rentang waktu perjalanan berada di antara 30 menit sampai 45 menit
- Rute 3 (Gresik - Lamongan): Rentang waktu perjalanan berada di antara 45 menit sampai 60 menit
- Rute 4 (Mojokerto - Gresik): Rentang waktu perjalanan berada di antara 60 menit sampai 90 menit
- Rute 5 (Surabaya – Bangkalan): Rentang waktu perjalanan berada di antara 75 menit sampai 95 menit

Selain itu, simulasi menunjukkan bahwa, terutama selama hari libur dan periode puncak, ada variasi waktu perjalanan yang cukup besar pada masing-masing rute. Ini menunjukkan bahwa faktor-faktor yang membuat perkiraan waktu perjalanan menjadi lebih tidak pasti.

### **Validasi Hasil**

Validasi hasil merupakan proses pengujian untuk memeriksa hasil simulasi guna mengetahui apakah hasil model yang dijalankan melalui simulasi dapat secara akurat menggambarkan kondisi dunia nyata yang disimulasikan. Untuk memvalidasi hasil simulasi, perbandingan antara data simulasi dan situasi sebenarnya dapat dilakukan menggunakan uji statistik dengan sampel 2t. Hasil dari 2 uji t-sampel disajikan dalam bentuk nilai-p. Saat melakukan uji validasi, nilai-p membantu melihat apakah data simulasi cukup mirip dengan situasi nyata. Hal ini dapat dicapai dengan membandingkan nilai p dan interval kepercayaan. Interval keyakinan yang umum digunakan adalah 0,05. Jika nilai-p lebih besar dari interval kepercayaan, hasil simulasi cukup mirip dengan situasi sebenarnya untuk diterima. Akan tetapi, saat melakukan uji simulasi, tujuannya bukanlah untuk membuat keputusan ya atau tidak yang ketat, tetapi untuk menghitung nilai-p, yaitu nilai yang membuat hasil simulasi cukup meyakinkan untuk menghitung ukurannya. Dapat diterima. Misalnya, jika nilai-p mencapai 0,3 atau 0,4, nilai ini cukup meyakinkan untuk membuktikan bahwa hasil simulasi konsisten dengan hipotesis, tetapi jika nilai-p mencapai 0,075 atau 0,1, hasil ini tidak meyakinkan. Karena nilai p sangat dekat dengan interval keyakinan, kita dapat dengan jelas menyimpulkan bahwa hasil simulasi konsisten dengan hipotesis.

### **Penyusunan Rekomendasi**

Berdasarkan hasil simulasi Monte Carlo, diajukan beberapa rekomendasi guna meningkatkan efisiensi operasional dan kepuasan penumpang bus Trans Jatim. Manajer disarankan untuk mempertimbangkan waktu tempuh rata-rata dan kelonggaran untuk kondisi ekstrem saat merencanakan waktu keberangkatan, dan menggunakan teknologi GPS untuk memantau kondisi lalu lintas secara real time. Operasi kendaraan dapat dioptimalkan dengan menyesuaikan jumlah bus dan frekuensi keberangkatan agar sesuai dengan pola permintaan, dan dengan memperkenalkan sistem tiket elektronik untuk mengurangi waktu berhenti. Manajemen risiko lalu lintas dapat ditingkatkan dengan bekerja sama dengan pemerintah setempat untuk membuat jalur bus khusus di daerah rawan kemacetan. Lebih jauh lagi, penggunaan simulasi berbasis data waktu nyata dan teknik analitis canggih seperti pembelajaran mesin didorong untuk meningkatkan akurasi prediksi waktu tempuh. Untuk meningkatkan kepuasan pengguna, penting untuk menginformasikan perkiraan waktu perjalanan kepada penumpang melalui aplikasi dan papan informasi di halte.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini, metode Monte Carlo digunakan untuk menganalisis rentang waktu perjalanan bus Trans Jatim yang menuju beberapa kota di Jawa Timur, dengan mempertimbangkan variabel-variabel seperti jarak, kepadatan lalu lintas, dan kondisi cuaca yang memengaruhi waktu perjalanan. Hasil simulasi Monte Carlo menunjukkan distribusi waktu yang bervariasi, di mana rentang waktu perjalanan di beberapa rute cenderung lebih panjang pada jam sibuk dan saat kondisi cuaca buruk.



Gambar 2. (Rahma,a dalam Detik.com 2024) Diagram Perbandingan lalu lintas perjalanan saat tidak padat dan padat

Gambar 2 Diagram Perbandingan lalu lintas perjalanan saat tidak padat dan padat ini menunjukkan perbandingan waktu tempuh bus Trans Jatim pada rute yang berbeda saat lalu lintas ringan dan padat. Batang biru menunjukkan waktu tempuh rata-rata (dalam menit) saat lalu lintas lancar, dan batang oranye menunjukkan waktu tempuh saat lalu lintas padat. Grafik ini menunjukkan bahwa waktu tempuh rata-rata meningkat secara signifikan ketika volume lalu lintas tinggi untuk semua rute. Misalnya, perjalanan dari Sidoarjo ke Surabaya memerlukan waktu 30 menit saat lalu lintas lancar, namun saat lalu lintas padat waktu tempuhnya menjadi dua kali lipat menjadi 60 menit. Pada jalur Surabaya-Gresik, waktu tempuh bertambah dari 30 menjadi 50 menit, sedangkan jalur Gresik-Lamongan, waktu tempuh bertambah dari 45 menjadi 60 menit. Rute dengan waktu tempuh terpanjang adalah dari Surabaya menuju Bangkalan, dimana waktu tempuh meningkat dari 75 menit saat lalu lintas lancar menjadi 95 menit saat lalu lintas padat. Rute Mojokerto – Gresik juga mengalami peningkatan signifikan, dengan waktu tempuh meningkat dari 60 menjadi 90 menit.. Secara keseluruhan, data ini menyoroti pentingnya mempertimbangkan kepadatan lalu lintas saat merencanakan perjalanan, karena lalu lintas yang padat dapat meningkatkan waktu tempuh secara signifikan.

### Menguji Metode Monte Carlo Dan Analisis Hasil

```
Jadwal dan Durasi Perjalanan Bus Trans Jatim:
=====
Kota Asal      Kota Tujuan    Durasi (menit)  Jarak (km)
=====
sidoarjo      surabaya       60               25.00
surabaya      gresik         45               20.00
gresik        lamongan       60               35.00
mojokerto     gresik         90               50.00
surabaya      bangkalan      95               59.00

Hasil simulasi Monte Carlo:
Rata-rata durasi perjalanan: 70.86 menit
```

Gambar 3. Output Program Rata – rata durasi perjalanan

Pada Gambar 3 ini menunjukkan jadwal bus Trans Jatim dan waktu tempuh untuk berbagai rute antar kota di Jawa Timur, serta hasil simulasi Monte Carlo untuk menghitung waktu tempuh rata-rata. Berikut informasi detailnya:

1. Tabel Jadwal Perjalanan:
  - Kolom "Kota Asal" dan "Kota Tujuan" menunjukkan rute perjalanan antar kota, seperti Sidoarjo ke Surabaya, Surabaya ke Gresik, dan sebagainya.

- Kolom "Durasi (menit)" memberikan informasi tentang estimasi waktu tempuh untuk masing-masing rute. Misalnya, perjalanan dari Sidoarjo ke Surabaya membutuhkan waktu sekitar 60 menit, sedangkan Surabaya ke Bangkalan membutuhkan waktu 95 menit.
  - Kolom "Jarak (km)" menunjukkan jarak tempuh untuk setiap rute dalam satuan kilometer. Misalnya, jarak antara Sidoarjo dan Surabaya adalah 25 km, sedangkan Surabaya ke Bangkalan adalah 59 km.
2. Hasil Simulasi Monte Carlo:
- Hasil simulasi menggunakan metode Monte Carlo menunjukkan bahwa rata-rata durasi perjalanan untuk seluruh rute adalah 70,86 menit. Hal ini mencakup variabilitas kondisi lalu lintas dan faktor-faktor lain yang memengaruhi waktu perjalanan.

Data ini memberikan gambaran efisiensi waktu tempuh bus Trans Jatim pada setiap rute. Informasi ini membantu pengguna merencanakan perjalanan mereka dengan lebih baik dan membantu penyedia layanan mengoptimalkan jadwal operasi kendaraan

### **TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis waktu tempuh bus Trans Jatim menggunakan metode simulasi Monte Carlo dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti kondisi lalu lintas, waktu berhenti, jarak antar kota dan efek cuaca. Metode ini bertujuan untuk memberikan perkiraan waktu tempuh yang lebih akurat untuk berbagai rute dalam kondisi lalu lintas padat maupun ringan. Temuan penelitian ini dimaksudkan untuk membantu operator bus mengoptimalkan perencanaan perjalanan, meningkatkan efisiensi operasional, dan menyediakan informasi yang lebih baik kepada pengguna layanan untuk perencanaan perjalanan.

### **KESIMPULAN**

Penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi Monte Carlo dapat menjadi metode yang efektif untuk memperkirakan waktu tempuh bus Trans Jatim dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti kecepatan rata-rata, waktu berhenti di halte, kondisi lalu lintas, dan pengaruh cuaca. Hasil simulasi menunjukkan waktu tempuh rata-rata adalah 70,86 menit yang merupakan perkiraan realistis untuk penjadwalan bus. Metode ini tidak hanya memberikan wawasan mendalam mengenai variabilitas waktu perjalanan, namun juga membantu operator transportasi mengoptimalkan jadwal dan meningkatkan efisiensi layanan. Jika diterapkan dengan benar, simulasi Monte Carlo mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam manajemen transportasi umum, sehingga menguntungkan pengguna dan penyedia layanan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Manik, W. D., & Novio, R. (2019) Kajian Karakteristik Pelaku Perjalanan Moda Transportasi Publik Bus Rapid Transit (BRT) Di Kota Padang (Studi Kasus: Koridor I Trans Padang). *Jurnal buana*. 3(5), 1009-1017. DOI: <https://doi.org/10.24036/student.v3i5.579> .
- [2] Apri, M., Aldo, D., & Hariselmi. (2019). Simulasi Monte Carlo Untuk Memprediksi Jumlah Kunjungan Pasien. *Jurnal Sistem Informasi dan Manajemen (JURSIMA)*, 7(2), 32-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.47024/js.v7i2.176> .
- [3] Manurung, K, H., & Santony, J. (2019). Simulasi Pengadaan Barang Menggunakan Metode Monte Carlo. *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*. 1(3), 7-11. DOI: <https://doi.org/10.35134/jsisfotek.v1i3.3>
- [4] E-Dishub," Dinas Perhubungan Kota Surabaya, [Online]. Available: <https://www.dishub.surabaya.go.id/index.php/post/2021>.
- [5] Alfikrizal, K. (n.d.). Simulasi Monte Carlo dalam Prediksi Jumlah Penumpang Angkutan Massal Bus Rapid Transit Kota Padang. Retrieved from <https://infob.org/index.php/infob/article/view/7>
- [6] Metropolis, N., & Ulam, S. (1949). The Monte Carlo method. *Journal of the American Statistical Association*, 44(247), 335–341.
- [7] A. M. Law, *Simulation Modeling & Analysis*, Singapore: McGraw-Hill, 2007.

- [8] F. E. Gunawan, "Transpn Sys Eng & IT, 2014, 14(4), 37–45.," Design and Implementation of Discrete-event Simulation, 2014.
- [9] R. P. S. a. D. A. S. W.D Kelton, "Simulation with Arena Second Edition," New Jersey, McGraw-Hill, 2001.
- [10] "E-Dishub," Dinas Perhubungan Kota Surabaya, [Online]. Available: <https://www.dishub.surabaya.go.id/index.php/post/2021>. [Diakses 4 May 2017].
- [11] S. Eko Sutriyanto, "Tempuh 3,8 Kilometer, Bus Baru Hino Konsumsi 1 Liter Solar," Tribun News, 20 November 2013. [Online]. Available: <https://www.tribunnews.com/otomotif/2013/11/20/tempuh-38-kilometer-bus-baru-hino-konsumsi-1-liter-solar>. [Diakses 4 May 2017].
- [12] J. L. B. Fenki Sugiarto, "JURNAL TEKNIK ITS," Implementasi Simulasi Sistem untuk Optimasi Proses Produksi pada Perusahaan Pengalengan Ikan, 2012.
- [13] S. Raychaudhuri, "Introduction To Monte Carlo Simulation," Broomfield, Winter Simulation Conference, 2008.
- [14] C. B. J. M. F. ,. A. P. Gregory S. Macfarlane, "Monte Carlo Simulation for Transit Transfer Volumes," 2013 January 23.
- [15] M. N. I. M. Sabungan H. Hutapea, Perancangan Program Simulasi Penjadwalan Busway-Transjakarta Dengan Metode Repetitive Scheduling, Januari 2011.