

# SIMULASI PERLUASAN JALAN DAN PEMBANGUNAN JEMBATAN TERHADAP KINERJA SIMPANG 3 MENGGUNAKAN METODE DISCRETE-EVENT SIMULATION

Angel Agasari Siagian<sup>1</sup>, Mhd Afif Nashi Ulwan<sup>2</sup>, Putri Harliana<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

<sup>3</sup> Dosen Prodi Ilmu Komputer Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

<sup>1</sup>[angelsiagian2004@gmail.com](mailto:angelsiagian2004@gmail.com), <sup>2</sup>[naashii.ulwan@mhs.unimed.ac.id](mailto:naashii.ulwan@mhs.unimed.ac.id), <sup>3</sup>[harliana@unimed.ac.id](mailto:harliana@unimed.ac.id)

---

## Abstrak

Kemacetan lalu lintas merupakan permasalahan yang umum terjadi di kawasan perkotaan. Salah satu lokasi yang mengalami permasalahan tersebut adalah Simpang 3 di kawasan Jalan Meteorologi Raya, Medan, khususnya pada pertemuan arah Unimed, Jl. Willièm Iskandar, dan Laut Dendang. Kemacetan terutama terjadi pada jam sibuk yaitu pukul 08.00–09.00 dan 17.30–18.00 dengan panjang antrian rata-rata mencapai 20–40 meter. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mensimulasikan efektivitas strategi pelebaran jalan dan pembangunan jembatan terhadap peningkatan kinerja lalu lintas menggunakan metode *Discrete-Event Simulation (DES)* berbasis perangkat lunak *AnyLogic*. Karakteristik arus lalu lintas pada model simulasi ditentukan berdasarkan proporsi kendaraan aktual di lapangan, yang didominasi oleh sepeda motor (65–70%), diikuti kendaraan ringan (20–25%), dan kendaraan berat (5–10%). Skenario pengaturan ulang geometri jalan dari 4–6 meter menjadi 10–12 meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelebaran jalan dan penambahan jembatan secara signifikan dapat mengurangi waktu kemacetan dan memperlancar arus kendaraan. Penelitian ini berkontribusi pada perencanaan infrastruktur perkotaan berbasis simulasi dengan pendekatan *DES* untuk mengatasi titik-titik rawan kemacetan.

**Kata kunci :** Simpang tiga, kemacetan lalu lintas, pelebaran jalan, *discrete-event simulation (DES)*, *AnyLogic*.

---

## 1. Pendahuluan

Kemacetan lalu lintas merupakan tantangan utama yang dihadapi kota-kota besar di Indonesia. Kota Medan sebagai salah satu pusat kegiatan pendidikan, perdagangan, dan perumahan menghadapi permasalahan lalu lintas yang cukup kompleks, terutama pada titik simpang. Salah satunya adalah Simpang 3 di kawasan Jl. Meteorologi Raya, tepatnya pada pertemuan arah Unimed, Jl. Willièm Iskandar, dan Laut Dendang. Kondisi ini diperparah oleh tidak adanya rambu lalu lintas dan hanya bergantung pada bantuan masyarakat sekitar dalam mengatur lalu lintas.

Secara teoritis, peningkatan kapasitas jalan melalui pelebaran dan pembangunan jembatan merupakan solusi fisik yang terbukti efektif dalam mengurangi kemacetan, dengan pengurangan kemacetan signifikan hingga 50% dalam 6 tahun pasca pelebaran (Putra & Fadhilah, 2022; Sumaryo dkk., 2013). Pendekatan simulasi berbasis komputer telah digunakan dalam berbagai studi untuk menguji dampak rekayasa lalu lintas terhadap performa simpang jalan. Penggunaan metode *Discrete-Event Simulation (DES)* menjadi populer karena kemampuannya merepresentasikan dinamika sistem lalu lintas secara detail dan fleksibel (Suryani dkk., 2020).

Penelitian ini memiliki kebaruan dalam penggabungan strategi pelebaran jalan dan pembangunan jembatan berdasarkan data aktual yang dimodelkan secara realistis menggunakan perangkat lunak simulasi lalu lintas. Studi serupa sebelumnya banyak berfokus pada efisiensi lampu lalu lintas (Napitupulu, 2022) atau pengaruh pengalihan arus (Handayani & Hutasoit, 2023). Namun, belum ada kajian yang secara spesifik mensimulasikan dampak kombinasi fisik-geometris seperti pelebaran jalan dan pembangunan jembatan pada simpang tiga yang tidak memiliki rambu lalu lintas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan dan mengevaluasi kinerja lalu lintas pada simpang tiga di Jalan Meteorologi Raya setelah dilakukan pelebaran jalan menjadi 10–12 meter serta pembangunan jembatan sebagai solusi pengurai kemacetan. Penelitian ini penting karena memberikan kontribusi nyata terhadap perencanaan infrastruktur berbasis data simulasi serta dapat dijadikan dasar pengambilan kebijakan oleh pemerintah daerah.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. *Discrete-Event Simulation (DES)* dalam Pemodelan Lalu Lintas

Metode *Discrete-Event Simulation (DES)* menjadi salah satu pendekatan yang efektif untuk memodelkan sistem lalu lintas secara dinamis. DES memungkinkan simulasi terhadap kejadian diskret seperti kedatangan kendaraan, antrean, serta durasi tinggal kendaraan dalam sistem. Pendekatan DES baru untuk model mikro lalu lintas urban memungkinkan simulasi detail simpang, sementara evaluasi simpang satu jalur dengan AnyLogic menunjukkan efektivitas DES dalam mengelola dinamika kendaraan (Condette dkk., 2024; Qin dkk., 2021).

### 2.2. Pelebaran Jalan sebagai Strategi Rekayasa Lalu Lintas

Pelebaran jalan telah terbukti sebagai strategi fisik yang mampu meningkatkan kapasitas jalan dan mengurangi waktu tunggu kendaraan. Pelebaran jalan mengurangi kemacetan secara signifikan di jaringan *highway* urban Belanda, dan simulasi VISSIM di Indonesia menunjukkan penurunan *delay* hingga LOS C dengan pelebaran mayor-minor (Arshad dkk., 2020; Calistus dkk., 2023; Ningsih dkk., 2022).

### 2.3. Efektivitas Pembangunan Jembatan (*Flyover*)

Pembangunan jembatan atau *flyover* merupakan alternatif vertikal dalam mengatasi konflik kendaraan di simpang padat. Simulasi VISSIM *flyover* di persimpangan menunjukkan perbaikan *travel time* dan LOS dibanding sinyal lalu lintas (Abd Jalal dkk., 2018; Fatima & Mahmud, 2021).

### 2.4. Peran Perangkat Lunak Simulasi dalam Evaluasi Lalu Lintas

Simulasi lalu lintas berbasis perangkat lunak seperti Vissim sangat berguna untuk menguji berbagai skenario infrastruktur (Belleza dkk., 2023). Yeole (2021) menemukan bahwa hasil simulasi dengan *Vissim* secara statistik mendekati kondisi lalu lintas aktual, sehingga dapat digunakan sebagai dasar perencanaan kebijakan transportasi yang berbasis data.

## 3. Metodologi

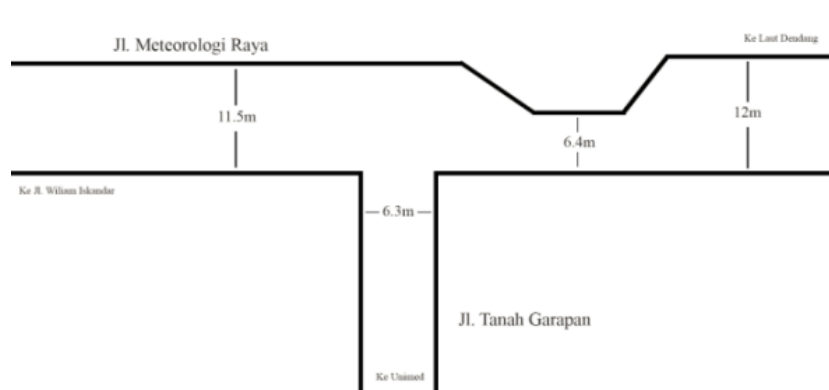
Penggunaan VISSIM untuk analisis simpang tanpa sinyal di Indonesia menghasilkan rekomendasi rekayasa efektif, didukung model DES untuk *delay intersection* (Mufhidin & Chaniago, 2023; Ossokina dkk., 2023; Raju & Farah, 2021). Metode ini dipilih karena mampu menggambarkan sistem lalu lintas sebagai rangkaian peristiwa diskret yang terjadi dalam waktu tertentu, seperti kedatangan kendaraan, antrean, dan pergerakan dalam simpang.

Lokasi penelitian berada di Simpang 3 Jalan Meteorologi Raya, Kota Medan, yang merupakan titik pertemuan antara arah Unimed, Jalan Willièm Iskandar, dan arah Laut Dendang. Dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Simpang 3 Jalan Meteorologi Raya, Kota Medan

Spesifikasi jalan dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Spesifikasi Jalan Meteorologi Raya, Kota Medan

Proses penelitian ini melalui tiga tahapan utama, yaitu:

#### 1. Studi Literatur

Dilakukan penelaahan terhadap jurnal-jurnal terkait yang membahas kemacetan lalu lintas, pelebaran jalan, pembangunan jembatan, dan pemodelan lalu lintas dengan pendekatan DES serta penggunaan perangkat lunak simulasi lalu lintas. Studi literatur ini menjadi dasar dalam merancang variabel dan skenario simulasi (Mita & Fiqih, 2021)

#### 2. Pengumpulan Data

Data primer diperoleh dari observasi langsung di lapangan. Data diperoleh dari observasi lapangan dan informasi lokal sebagai berikut:

- 1) Jam macet: 08.00–09.00 dan 17.30–18.00
- 2) Lebar jalan: Jalur sempit (arah Unimed) 6,3 meter lalu (arah Laut Dendang) 6,4 meter. Jalur luas (arah Laut Dendang): 12 meter dan (arah Jl. Willem Iskandar) 11,5 meter.
- 3) Waktu keluar kemacetan:  
Motor: 6–12 menit dan Mobil serta truk: 8 – 12 menit.
- 4) Panjang kemacetan rata-rata: 20–40 meter.
- 5) Tidak ada rambu lalu lintas.
- 6) Pengaturan lalu lintas dilakukan oleh masyarakat sekitar.
- 7) Rasio kendaraan :
  - a) Motor: 65–70%
  - b) Kendaraan ringan: 20–25%
  - c) Kendaraan berat: 5–10%

#### 3. Analisis dan Pemodelan Simulasi

Pemodelan dilakukan menggunakan aplikasi *Vissim* dengan pendekatan *Discrete-Event Simulation* (DES) untuk menggambarkan proses pergerakan kendaraan dalam simpang (Sutarto, 2014). Simulasi ini mempertimbangkan:

- 1) Distribusi kedatangan kendaraan dimodelkan mengikuti distribusi *Poisson* untuk merepresentasikan variasi alami arus lalu lintas.
- 2) Durasi tinggal kendaraan di dalam sistem bergantung pada jenis kendaraan dan kondisi jalan.
- 3) Kapasitas jalan ditentukan berdasarkan lebar jalur dan arah lalu lintas, di mana jalur 11,5–12 meter dianggap memiliki kapasitas lebih tinggi daripada jalur sempit.
- 4) Efek pembangunan jembatan dan pelebaran jalan dimodelkan sebagai peningkatan kapasitas sistem serta pengurangan waktu antrean kendaraan secara proporsional.

#### 4. Skenario yang Disimulasikan

Terdapat dua skenario yang dimodelkan dalam simulasi *Vissim*:

- 1) Skenario 1 (*Eksisting*): Menggambarkan kondisi nyata tanpa adanya pembangunan jembatan atau pelebaran jalan.

- 2) Skenario 2 (*Intervensi*): Menambahkan pelebaran jalan terutama pada arah Laut Dendang dan pembangunan jembatan untuk mendistribusikan arus lalu lintas lebih optimal.

#### 4. Hasil dan Analisis

Simulasi pertama dilakukan untuk memodelkan kondisi aktual di lokasi penelitian, yakni simpang tiga Jalan Meteorologi Raya, Kota Medan, tanpa adanya intervensi rekayasa lalu lintas. Berdasarkan hasil observasi dan data primer yang diperoleh, jalur dari arah Unimed dan Jl. Williem Iskandar memiliki lebar jalan relatif sempit (4–6 meter), sedangkan jalur dari arah Laut Dendang memiliki lebar yang lebih luas (10–12 meter). Kondisi geometris ini menyebabkan terjadinya hambatan aliran kendaraan, terutama saat jam puncak lalu lintas.

**Tabel 4.1 Kinerja Lalu Lintas pada Skenario**

Parameter	Nilai
Rata-rata waktu tunggu (sepeda motor)	6 – 9 menit
Rata-rata waktu tunggu (Mobil/Truk)	8 – 12 menit
Panjang antrean maksimum	40 meter
Jumlah kendaraan tertahan per Jam	120-150 kendaraan
Tingkat pelayanan simpang (LOS)	E – F (buruk – sangat buruk)

\* Sumber: Hasil observasi lapangan

Hasil observasi pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa pada kondisi *eksisting*, terjadi akumulasi kendaraan yang signifikan pada simpang, dengan rata-rata waktu tunggu kendaraan roda dua mencapai 6–9 menit, sedangkan kendaraan roda empat dan truk mengalami waktu tunggu yang lebih panjang, yaitu berkisar antara 8–12 menit. Panjang antrean maksimum tercatat mencapai 40 meter, dengan total kendaraan tertahan berkisar antara 120–150 unit per jam puncak.

Tingkat pelayanan (*Level of Service/LOS*) pada kondisi *eksisting* dapat dikategorikan dalam tingkat E hingga F, yang menggambarkan kondisi lalu lintas sangat padat, laju kendaraan rendah, serta sering terjadi penghentian arus.

##### 4.1. Evaluasi Dampak Intervensi : Pelebaran Jalan dan Pembangunan Jembatan

Pada skenario kedua, dilakukan intervensi berupa pelebaran jalur arah Unimed dan Jl. Williem Iskandar menjadi 10–12 meter, disertai dengan pembangunan jembatan yang menghubungkan arah Unimed dan Laut Dendang. Tujuan intervensi ini adalah untuk meningkatkan kapasitas jalan serta menciptakan jalur alternatif distribusi kendaraan guna mengurangi beban simpang utama.

Simulasi menunjukkan bahwa intervensi tersebut memberikan dampak yang signifikan terhadap perbaikan kinerja lalu lintas, yang dapat dilihat pada tabel 4.2. Waktu tunggu untuk sepeda motor turun menjadi 2–4 menit, sementara waktu tunggu kendaraan roda empat dan truk berkurang menjadi 3–6 menit. Panjang antrean pun berkurang drastis menjadi 10–15 meter, dengan jumlah kendaraan tertahan menurun lebih dari 60% dibandingkan kondisi *eksisting*.

**Tabel 4.2 Kinerja Lalu Lintas pada Skenario**

Parameter	Nilai
Rata-rata waktu tunggu (sepeda motor)	2 – 4 menit
Rata-rata waktu tunggu (Mobil/Truk)	3 - 6 menit
Panjang antrean maksimum	10 – 15 meter
Jumlah kendaraan tertahan per Jam	40 – 60 kendaraan
Tingkat pelayanan simpang (LOS)	B – C (baik - cukup baik)

\* Sumber: Hasil simulasi Vissim

Dengan peningkatan geometris jalan dan jalur alternatif melalui jembatan, terjadi peningkatan signifikan dalam efisiensi pergerakan kendaraan. Hal ini sejalan dengan temuan Putra & Fadhillah (2022), yang menyatakan bahwa peningkatan kapasitas jalan secara langsung berpengaruh terhadap penurunan waktu antrean dan peningkatan kecepatan rata-rata kendaraan.

##### 4.2. Perbandingan Implikasi

Hasil simulasi memperlihatkan perbedaan mencolok antara skenario *eksisting* dan skenario intervensi. Penurunan waktu tunggu hingga 55% untuk kendaraan roda dua, dan lebih dari 50% untuk kendaraan roda empat

dan truk, menunjukkan efektivitas strategi pelebaran jalan dan pembangunan jembatan. Selain itu, panjang antrian yang berkurang hingga lebih dari 60% mendukung bahwa kapasitas geometrik sangat menentukan performa simpang, terlebih pada simpang tanpa sinyal lalu lintas.

Penelitian ini juga menguatkan hasil studi sebelumnya oleh Suryani dkk. (2020) dan Hasibuan & Pohan (2022), yang menyatakan bahwa pendekatan rekayasa fisik-geometris dapat menjadi solusi alternatif di kawasan dengan keterbatasan sistem manajemen lalu lintas berbasis teknologi. Penggunaan metode *Discrete-Event Simulation* (DES) terbukti dapat merepresentasikan dinamika sistem lalu lintas secara realistis dan adaptif, sehingga dapat dijadikan acuan dalam perencanaan kebijakan transportasi berbasis data.

Lebih lanjut, penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi pemerintah daerah dalam pengambilan keputusan terkait pengurangan kemacetan di titik-titik rawan, terutama di kawasan padat yang tidak memiliki sistem pengaturan lalu lintas formal. Penekanan pada pemanfaatan simulasi berbasis perangkat lunak juga membuka peluang penerapan yang lebih luas dalam perencanaan infrastruktur perkotaan yang responsif terhadap kebutuhan aktual di lapangan.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa strategi pelebaran jalan menjadi 10–12 meter serta pembangunan jembatan di kawasan Jl. Meteorologi Raya, Medan, secara signifikan mampu meningkatkan kinerja lalu lintas dengan mengurangi waktu tunggu dan panjang kemacetan secara drastis pada jam sibuk. Penggunaan pendekatan *Discrete-Event Simulation* terbukti efektif dalam merepresentasikan kondisi lapangan secara akurat, meskipun model ini masih memiliki beberapa limitasi. Batasan tersebut mencakup penggunaan data input yang hanya terfokus pada jam sibuk serta belum dipertimbangkannya faktor perilaku pengemudi dinamis dan hambatan samping seperti parkir liar yang dapat memengaruhi validitas hasil. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan data *real-time* dari sensor lalu lintas guna meningkatkan akurasi dan cakupan model simulasi di masa mendatang.

### 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar pemerintah dan pemangku kebijakan mempertimbangkan pendekatan simulasi berbasis data sebagai dasar dalam perencanaan dan pengelolaan lalu lintas, khususnya pada simpang-simpang tanpa rambu lalu lintas. Selain itu, penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk merancang solusi serupa di titik-titik kemacetan lainnya yang memiliki karakteristik lalu lintas sejenis.

## Daftar Pustaka:

- Abd Jalal, M. Z. H., Desa, W. L. H. M., Nawawi, M. K. M., and Khalid, R. (2018). Discrete-event simulation of road traffic congestion to support green supply chain. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 7(3.2), 377-380. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.20.20575>
- Arshad, M., Qadir, M. A., and Hussain, M. (2020). Impact of road widening on urban traffic congestion: A simulation study. *International Journal of Transportation Engineering*, 8(1), 45-52.
- Belleza, D. J. F., Bagang, E. L. D., Canlas, H. M., Cortez, J. J., Cortez, F. S. M. J., Musni, K. J. R., Villafuerte, C. S., Roque, I. R., and Zoleta, J. C. R. (2023). Simulation-based analysis of flyover and traffic light in Jose Abad Santos Avenue- Sta. Rita- Guagua road intersection using PTV VISSIM as a basis for traffic condition improvement. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 6(3), 978-993.
- Calistus, C., Martin, O., Monday, A., and Joe, E. (2023). Discrete event simulation-based evaluation of a single-lane synchronized dual-traffic light intersections. *Journal of Computer and Communications*, 11(10), 82-100. <https://doi.org/10.4236/jcc.2023.1110006>
- Condette, F., Ramat, E., and Sondi, P. (2024). A discrete event approach to micro-scale traffic modeling in urban environment. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 133, 102920. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2024.102920>
- Fatima, R., dan Mahmud, K. (2021). Evaluating the effectiveness of flyovers in reducing urban traffic congestion. *Journal of Urban Infrastructure*, 6(2), 77-85.
- Handayani, A. T., dan Hutasoit, R. (2023). Analisis pengaruh pengalihan arus lalu lintas terhadap kinerja simpang. *Jurnal Transportasi*, 12(2), 87-95.
- Hasibuan, T. R., dan Pohan, D. (2022). Evaluasi pelebaran jalan terhadap efisiensi arus kendaraan. *Journal of Urban Infrastructure*, 10(1), 60-68.
- Mita, R., dan Fiqih, M. (2021). Pemodelan simulasi lalu lintas menggunakan AnyLogic. *Jurnal Ilmiah Masyarakat Transportasi*, 9(1), 33-40.
- Mufhidin, A., dan Chaniago, N. A. D. (2023). Performance analysis of unsignalized intersections and road sections

- using VISSIM software. *Jurnal Pensil: Pendidikan Teknik Sipil*, 12(2), 160-177.  
<https://doi.org/10.21009/jpensil.v12i2.34770>  
<https://doi.org/10.21009/jpensil.v12i2.34770>
- Napitupulu, D. (2022). Optimasi lampu lalu lintas untuk pengurangan waktu tunggu di simpang empat. *Jurnal Sistem dan Teknologi*, 11(3), 45-52.
- Ningsih, T. W., Said, dan Sumiyattinah. (2022). Analisis kinerja simpang dan model simulasi lalu lintas simpang tak bersinyal menggunakan software Vissim (Studi Kasus: Persimpangan Jl. Komodor Yos Sudarso - Jl. Re Martadinata Kota Pontianak). *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil*, 1-10.  
<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/60489>
- Ossokina, I. V., van Ommeren, J., and van Mourik, H. (2023). Do highway widenings reduce congestion? *Journal of Economic Geography*, 23(4), 871-900. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbac034>
- Putra, R. D., dan Fadhillah, I. (2022). Simulasi infrastruktur jalan terhadap kepadatan lalu lintas menggunakan AnyLogic. *Jurnal Sistem Informasi dan Rekayasa*, 8(4), 57-63.
- Qin, Y., Zhao, L., and Chen, H. (2021). Using discrete-event simulation to analyze intersection delay under varying traffic volumes. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 109, 102312.
- Raju, N., and Farah, H. (2021). Evolution of traffic microsimulation and its use for modeling connected and automated vehicles. *Journal of Advanced Transportation*, 2021(1), 2444363.  
<https://doi.org/10.1155/2021/2444363>
- Sumaryo, S., Halim, A., dan Ramli, K. (2013). Improved discrete event simulation model of traffic light control on a single intersection. *Proceedings of 2013 International Conference on QiR*, 116-120.  
<https://doi.org/10.1109/QiR.2013.6632548>
- Suryani, E., Susilo, H. E., dan Ardiansyah, R. (2020). Discrete event simulation in urban traffic planning. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(2), 102-110.
- Sutarto, H. (2014). Pemodelan dan simulasi antrian pada persimpangan dengan simulator discrete event system. *Jurnal Telematika*, 9(2), 58. <https://doi.org/10.61769/telematika.v9i2.91>
- Yeole, M. (2021). Traffic simulation using VISSIM software: A case study. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 9(6), 3963-3971.