



Tersedia secara online di <http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmatis/index>

JURMATIS

Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Industri



Simulasi 3 Skenario Perbaikan Kemacetan Jagir Wonokromo Dampak dan Implementasi

Adrianus Novaldo¹, Ivan Gunawan^{2*}, Charisma Rahma³, Ryan Dwi⁴, Feliana Tri⁵, Yanuar Dwi⁶, Johan Alfian Pradana⁷

indeng.adrianus.n.20@ukwms.ac.id¹, ivangunawan@ukwms.ac.id², charismarahma13@gmail.com³,
alamatruangpelajar@gmail.com⁴, felianatw@gmail.com⁵, yanuarbona26@gmail.com⁶, zoehuntz34@gmail.com⁷
^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
⁷Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :
Received : 23 – Oktober – 2023
Revised : 19 – Januari – 2024
Accepted : 20 – Januari – 2024

Kata Kunci :
Improvement Scenarios,
Negative Impacts, Queues at
each intersection, Traffic
Congestion, Uneven Mobility

Untuk melakukan sitasi pada penelitian ini dengan format:
Novaldo, Adrianus. Gunawan, Ivan. Rahma, Charisma. Dwi, Ryan. Tri, Feliana. Dwi, Yanuar..
Simulasi 3 Skenario Perbaikan Kemacetan Jagir Wonokromo Dampak dan Implementasi. *JURMATIS (Jurnal Manajemen Teknologi Dan Teknik Industri)*, 6(1), 52-68. (2024)

Abstract

Traffic congestion in Indonesian cities is a major problem, due to uneven mobility. The Jagir Wonokromo intersection, one of the busiest intersections in Surabaya, experiences traffic congestion during rush hour. This congestion can have a variety of negative impacts, such as air pollution and queues at each intersection. This study analyzes the traffic congestion problems at the Jagir Wonokromo intersection and proposes the appropriate improvement scenario. A simulation design was developed to test three traffic congestion improvement scenarios at the Jagir Wonokromo intersection in Surabaya. The study sample was 40 vehicles that passed through during rush hour. The simulation results showed that scenario 3 is the most appropriate improvement scenario. This scenario successfully reduced the time in the system by 20.2% compared to the initial condition. The impact of scenario 3 is that traffic congestion at the intersection is reduced, but the travel time of vehicles from the DTC direction to Jalan Jagir Wonokromo also increases. Scenario 3 is considered to be in accordance with the conditions of the intersection and can be easily implemented. The study of traffic congestion at the Jagir Wonokromo intersection offers opportunities for the government and the public to address traffic congestion with effective simulation of improvement scenarios.

Abstrak

Kemacetan kota besar Indonesia, karena mobilitas tidak merata. Persimpangan Jalan Jagir Wonokromo, salah satu persimpangan tersibuk di Surabaya, mengalami kemacetan pada jam-jam sibuk. Kemacetan ini dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti emisi gas buang dan antrean di tiap simpangan. Studi ini menganalisis permasalahan kemacetan di persimpangan Jalan Jagir Wonokromo dan mengusulkan skenario perbaikan yang tepat. desain simulasi untuk menguji 3 skenario perbaikan kemacetan di persimpangan jagir wonokromo Surabaya. Sampel penelitian adalah 40 kendaraan yang melintas pada jam-jam sibuk. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario 3 merupakan skenario perbaikan yang paling tepat. Skenario ini berhasil mengurangi waktu dalam sistem sebesar 20,2% dibandingkan dengan kondisi awal. Dampak dari skenario 3 adalah berkurangnya kemacetan di persimpangan tersebut, namun juga bertambahnya waktu tempuh kendaraan dari arah DTC yang ingin menuju ke Jalan Jagir Wonokromo. Skenario 3 dinilai sesuai

dengan kondisi persimpangan dan dapat diimplementasikan dengan mudah. Studi kemacetan persimpangan Jagir Wonokromo berpeluang bagi pemerintah dan masyarakat untuk mengatasi kemacetan dengan simulasi skenario perbaikan yang efektif.

1. Pendahuluan

Kemacetan di kota besar Indonesia disebabkan oleh pertumbuhan jumlah kendaraan yang tidak merata dengan pertumbuhan infrastruktur [1]. Dampak negatif kemacetan antara lain frustrasi, kerugian finansial, kehilangan waktu, konsumsi bahan bakar berlebihan, dan emisi karbon [2]–[4]. Pengurangan kemacetan diprediksi dapat dilakukan dengan meningkatkan kualitas akses jalan dan mengoptimalkan durasi antrean disetiap persimpangan jalan [5], [6].

Kemacetan merupakan permasalahan yang penting dan mendesak untuk diatasi. Khususnya, persimpangan jalan Jagir Wonokromo merupakan salah satu persimpangan tersibuk di Surabaya [7]. Persimpangan ini menghubungkan Jalan Jagir Wonokromo, Jalan Ngagel, dan Jalan Raya Gubeng [8]. Volume kendaraan yang tinggi di persimpangan tersebut menyebabkan kemacetan pada jam-jam sibuk. Kemacetan di persimpangan Jalan Jagir Wonokromo dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, emisi gas buang dan antrean di tiap simpangan [9], [10]. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengatasi permasalahan kemacetan di persimpangan Jalan Jagir Wonokromo. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis permasalahan kemacetan di persimpangan Jalan Jagir Wonokromo dan mengusulkan skenario perbaikan untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Kemacetan di wilayah Pakistan sangat bergantung pada konektivitas jaringan yang belum mampu diprediksi sebesar 5% [11], [12]. Studi ini juga mengungkap, ketidakpastian terkait adopsi teknologi masa depan yang sulit untuk memprediksi akurasi model dalam skenario dengan persentase kendaraan otonom yang lebih tinggi atau lebih rendah [13]. Oleh sebab itu, kendaraan otonom perlu mempertimbangkan persimpangan untuk identifikasi tunggu rata-rata, hari libur, dan curah hujan, kecelakaan, acara, konstruksi, dan perilaku pengemudi dengan prediksi 97,6% [6], [14]. Identifikasi inilah yang berperan untuk menghasilkan dinamika lalu lintas nyata pada pola pergerakan yang tidak mempertimbangkan kapasitas penumpang dan tingkat kemacetan pada area 3,26 km²[15], [16]. Luasan tersebut menyebabkan pentingnya monitoring keamanan tiap persimpangan terhadap kemacetan yang terjadi sepanjang 700 m dengan dinamika mulai 8km/ jam hingga ada yang mencapai kecepatan 117 km/jam [17]. Papan informasi berbasis platform sangat utama dengan model *dashboard* di tiap persimpangan dengan teknik simulasi lalu lintas [18].

Simulasi umumnya dengan pengujian 1000 kali khusus pada kendaraan otonom bersama di wilayah Brussel [19]. Namun, terdapat skenario *real-time* algoritma *k-shortest path* hingga 1800 kali simulasi pada jarak maksimum 2600 meter [20].

Terdapat perbaikan yang menjadi peluang utama dari studi ini, pertama perlunya mendesain simulasi dengan beberapa skenario yang tepat dan menguji skenario menggunakan parsial berpasangan dan simultan antar kondisi eksisting dengan kondisi skenario. Skenario melibatkan *software* Arena karena terdapat fitur transportasi dengan spesifikasi model kendaraan, model persimpangan dan model lalu lintas yang akan disimulasikan [21], [22]. Perbaikan yang diusulkan tersebut dilakukan untuk meningkatkan akurasi dan efektivitas analisis kemacetan lalu lintas di wilayah Persimpangan Jalan Jagir Wonokromo Surabaya. Dengan mendesain simulasi dengan beberapa skenario yang tepat, dapat di ketahui dampak berbagai faktor penyebab kemacetan, seperti kapasitas jalan, jumlah kendaraan, pola perjalanan, dan kebijakan transportasi.

Studi ini mengidentifikasi permasalahan kemacetan dengan 3 desain skenario yang tepat dalam meminimasi kemacetan di persimpangan Jalan Jagir Wonokromo Surabaya.

Studi akan menggunakan metode simulasi Arena untuk menganalisis permasalahan kemacetan di persimpangan Jalan Jagir Wonokromo dengan data observasi langsung, melalui langkah-langkah pengumpulan data, konstruksi model simulasi, verifikasi dan validasi model simulasi, pembuatan skenario perbaikan, simulasi skenario perbaikan, evaluasi 3 skenario perbaikan dengan pengujian statistik untuk menguji tingkat signifikansi skenarionya.

Studi ini berpeluang bagi pemerintah dan masyarakat dalam mengatasi permasalahan kemacetan di persimpangan Jalan Jagir Wonokromo dan keberlanjutan simulasi dalam bidang transportasi dengan skenario perbaikan yang efektif.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Desain penelitian menggunakan simulasi [23]–[25]. Desain ini dipilih karena skenario perbaikan tidak dapat diuji secara lapangan sebelum menghasilkan skenario – skenario yang tepat dengan tingkat akurasi dan prediksi yang lebih baik [26]–[28]. Keunggulannya terkait dengan sistem yang kompleks yang dipengaruhi oleh faktor durasi lampu merah, antrean di persimpangan di Persimpangan Jalan Jagir Wonokromo Surabaya.

2.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah semua kendaraan yang melintas di persimpangan Jalan Jagir Wonokromo. Oleh karena itu, ukuran sampel adalah 40 kendaraan yang melintas di persimpangan Jalan Jagir Wonokromo pada jam-jam sibuk, yaitu pada hari Senin, 15 Mei 2023 pada rentang waktu 17.30 s/d 18.00 WIB. Sampel ini dipilih secara *haphazard*, yaitu dengan mengamati keadaan lalu lintas di persimpangan tersebut dan mengumpulkan data-data yang tersedia secara acak.

2.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam penelitian. Observasi dilakukan untuk mengumpulkan data struktural, data operasional, dan data numerik. Data struktural diperoleh dengan menganalisis desain eksisting persimpangan Jalan Jagir Wonokromo. Data operasional diperoleh dengan mengamati pergerakan kendaraan di persimpangan tersebut. Data numerik diperoleh dengan mengukur durasi lampu lalu lintas, waktu antar kedatangan, dan waktu dalam sistem. Komponen observasi yang dihasilkan sebagai berikut.



Gambar 1. Sistem Antrian Persimpangan Jagir Wonokromo
 (Sumber: Google Earth, 2023)

Tabel 1. Komponen Observasi

Keterangan Lokasi	Kode	Durasi	Penyebab Perpindahan
Kedatangan kendaraan Jagir Wonokromo	a	Random Expo (3 detik)	Tidak ada
Kedatangan kendaraan dari Darmo Trade Center (DTC)	b	Random Expo (5 detik)	Tidak ada

Lampu Merah Jagir	c	Konstan (93 detik)	Aturan lalu lintas
Lampu Merah DTC	d	Konstan (110 detik)	Aturan lalu lintas
Lampu hijau Jagir	e	Konstan (46 detik)	Aturan lalu lintas
Lampu hijau DTC	f	Konstan (76 detik)	Aturan lalu lintas
<i>Cross-junction</i>	g	Konstan (1,22 detik)	Rute pengendara
Palang kereta	h	$4.03+4.44*BETA(1.01,0.756)$ menit	Rute pengendara
Lama kereta melintas	i	$2.14+0.72*BETA(1.13,0.895)$ menit	Rute pengendara

(Sumber: Olah data, 2023)

Software Arena digunakan untuk membuat model simulasi persimpangan Jalan Jagir Wonokromo. Model simulasi ini digunakan untuk menguji 3 skenario perbaikan yang diusulkan.

2.4 Prosedur Penelitian

Model simulasi dilakukan diverifikasi dan divalidasi. Verifikasi bertujuan untuk membuktikan bahwa model sudah sesuai dengan harapan pemodel, sedangkan validasi memastikan model simulasi sesuai dengan kondisi nyata. Verifikasi dilakukan dengan memastikan bahwa model dapat berjalan baik tanpa mengalami error. Validasi dilakukan dengan membandingkan rata-rata dari kondisi nyata dengan model simulasi. Dalam penelitian ini, validasi dilakukan dengan menggunakan uji 2 sampel t dengan jumlah replikasi sebanyak 10 kali.

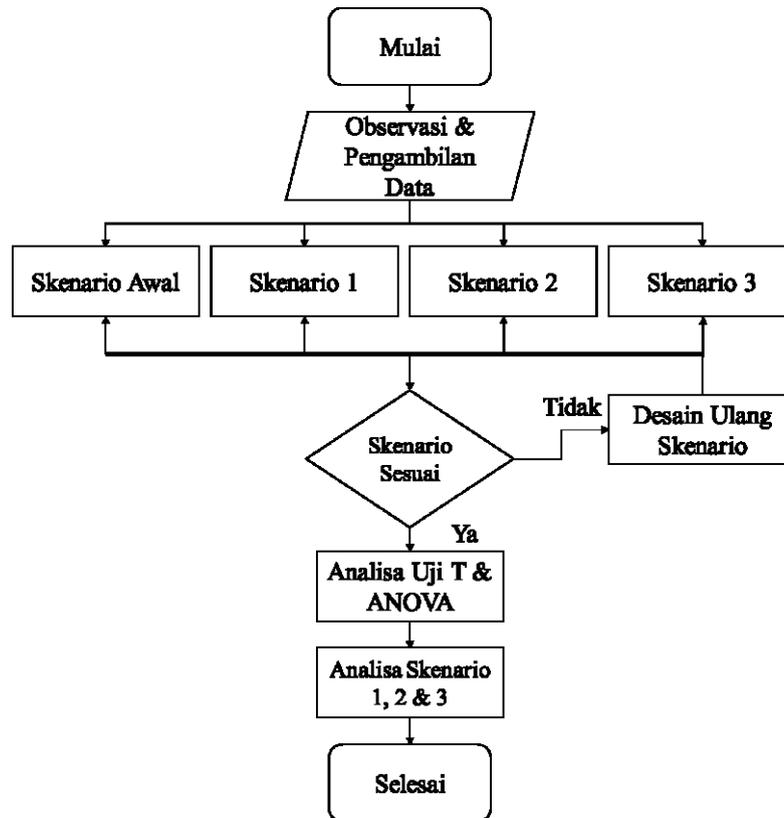
Setelah model simulasi dinyatakan valid, selanjutnya dibuat skenario perbaikan melalui rekayasa lalu lintas untuk mengatasi masalah kemacetan. Skenario perbaikan yang diusulkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Skenario 1: Menghilangkan jalur dari arah DTC menuju ke Jalan Jagir Wonokromo.
- b. Skenario 2: Mengurangi durasi lampu merah.
- c. Skenario 3: Gabungan dari skenario 1 dan 2.

Kondisi acuan terdapat yang menggunakan 10 skenario [13], 3 skenario [11], 4 skenario [17] dan 2 skenario [17]. Keputusan usulan 3 skenario dikarenakan terdapat 2 faktor terkait kebutuhan menghilangkan jalur arah DTC dan mengurangi durasi lampu merah, namun skenario 3 adalah gabungan keduanya dari kondisi eksisting dan mengacu temuan Saleem et al [11].

Uji validasi skenario perbaikan dilakukan dengan menggunakan uji 2 sampel t berpasangan dengan jumlah replikasi sesuai hasil yang telah diperoleh sebelumnya.

Untuk menemukan skenario mana yang paling baik, dilakukan uji dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada semua skenario yang ada.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Desain Eksisting

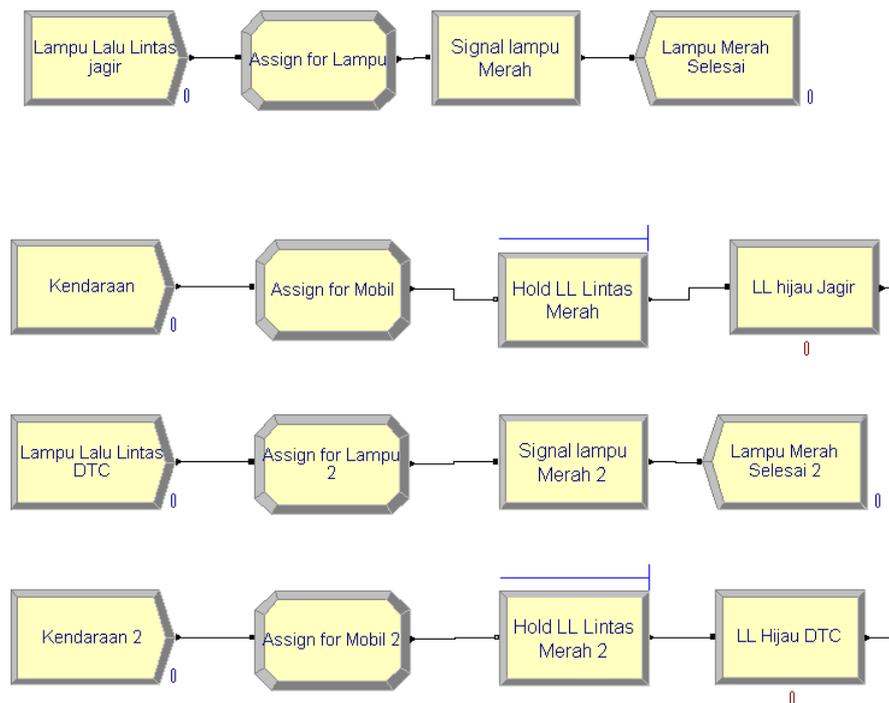
Desain eksisting direkam menggunakan Google Maps pada tanggal 16 Juli 2023 dengan *editing* sistem antrean persimpangan Jagir Wonokromo Surabaya. Terdapat dua lampu lalu lintas di persimpangan Jalan Ngagel dan Jalan Jagir Wonokromo (Gambar 1). Lampu lalu lintas pertama berada di arah DTC, sedangkan lampu lalu lintas kedua berada di arah Jalan Jagir Wonokromo. Pada lampu lalu lintas pertama, waktu lampu merah adalah 110 detik dan waktu lampu hijau adalah 72 detik. Pada lampu lalu lintas kedua, waktu lampu merah adalah 93 detik dan waktu lampu hijau adalah 46 detik. Penumpukan kendaraan terjadi pada pagi hari dan sore hari. Penyebab penumpukan kendaraan adalah volume kendaraan yang tinggi, konfigurasi lampu lalu lintas yang tidak ideal, dan adanya perlintasan kereta api. Dalam waktu 30 menit, kereta api melintas sebanyak lima kali. Rata-rata waktu kereta api melintas adalah tiga menit. Saat kereta api melintas, akan terjadi kemacetan di persimpangan. Hal ini disebabkan oleh kendaraan dari arah Jalan Jagir Wonokromo yang lurus tertahan oleh kereta api. Di waktu yang bersamaan, kendaraan dari

arah DTC tidak bisa lurus atau ke kanan karena adanya penumpukan kendaraan di persimpangan.

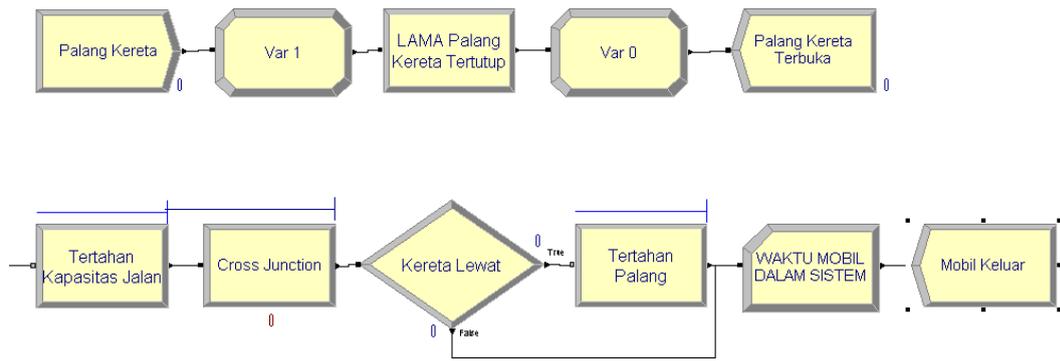
3.2 Simulasi Desain Eksisting

Tahap awal dilakukan uji verifikasi untuk memastikan bahwa model simulasi yang dibuat telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Verifikasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan melakukan *debugging*. *Debugging* adalah proses untuk menemukan dan memperbaiki kesalahan (*error*) pada program komputer.

Uji verifikasi model simulasi persimpangan Jalan Jagir Wonokromo, dilakukan *debugging* untuk memastikan bahwa model tidak mengalami *error* baik *syntax error* maupun *semantic error*. *Syntax error* adalah kesalahan pada tata bahasa program, sedangkan *semantic error* adalah kesalahan pada makna program. *Debugging* dilakukan dengan melakukan run pada model. Jika model tidak mengalami *error*, maka model dapat dikatakan telah terverifikasi



Gambar 3. Kondisi Awal (a)
(Sumber: Olah data, 2023)



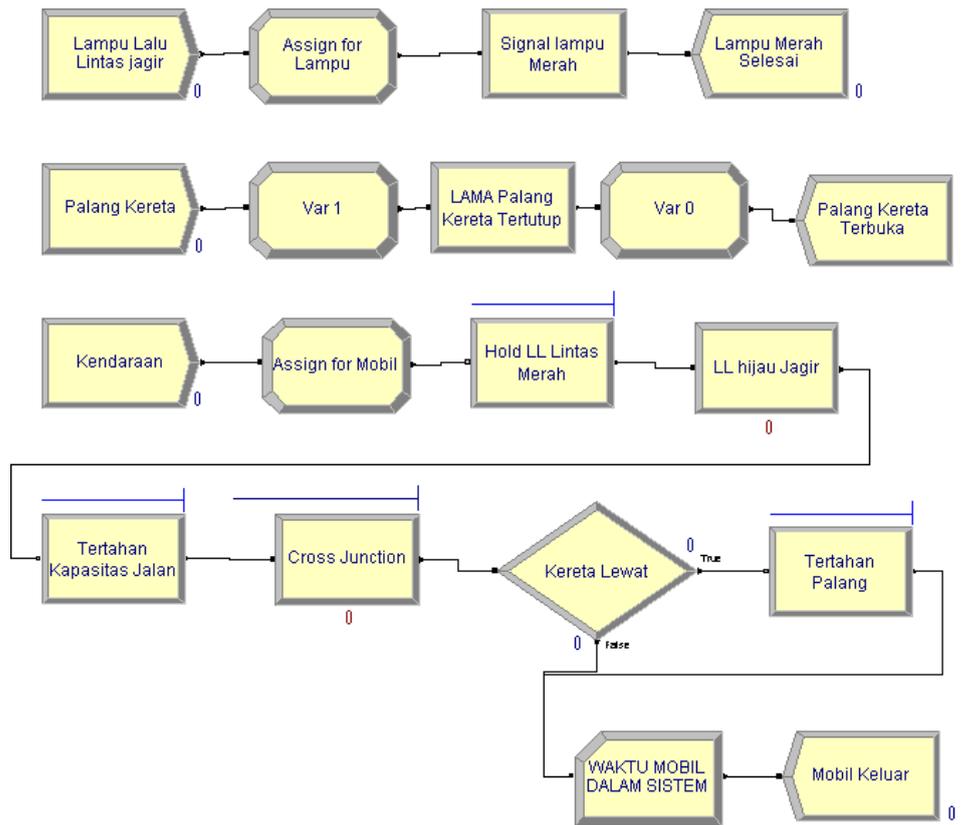
Gambar 4. Kondisi Awal (b)
(Sumber: Olah data, 2023)

Uji validasi model simulasi persimpangan Jalan Jagir Wonokromo (Ganbar 3 dan 4), dilakukan perbandingan antara kondisi nyata dan output simulasi menggunakan uji t. Uji t berpasangan adalah uji statistik yang digunakan untuk membandingkan dua rata-rata sampel. Uji validasi ini, digunakan tingkat kepercayaan 95%. Nilai α untuk tingkat kepercayaan 95% adalah 0,05. Hasil uji validasi menunjukkan bahwa *p-value* sebesar 0,153. *P-value* adalah nilai peluang untuk menolak hipotesis nol (H_0) jika H_0 benar. Hipotesis nol (H_0) adalah bahwa rata-rata data simulasi sama dengan data asli, karena *p-value* lebih besar dari nilai α , maka hipotesis nol gagal ditolak. Artinya, rata-rata data simulasi sama dengan data asli.

3.3 Model Perbaikan Desain Eksisting

Dengan adanya model simulasi yang valid, maka dapat dilakukan simulasi untuk menguji 3 skenario alternatif perbaikan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada persimpangan tersebut.

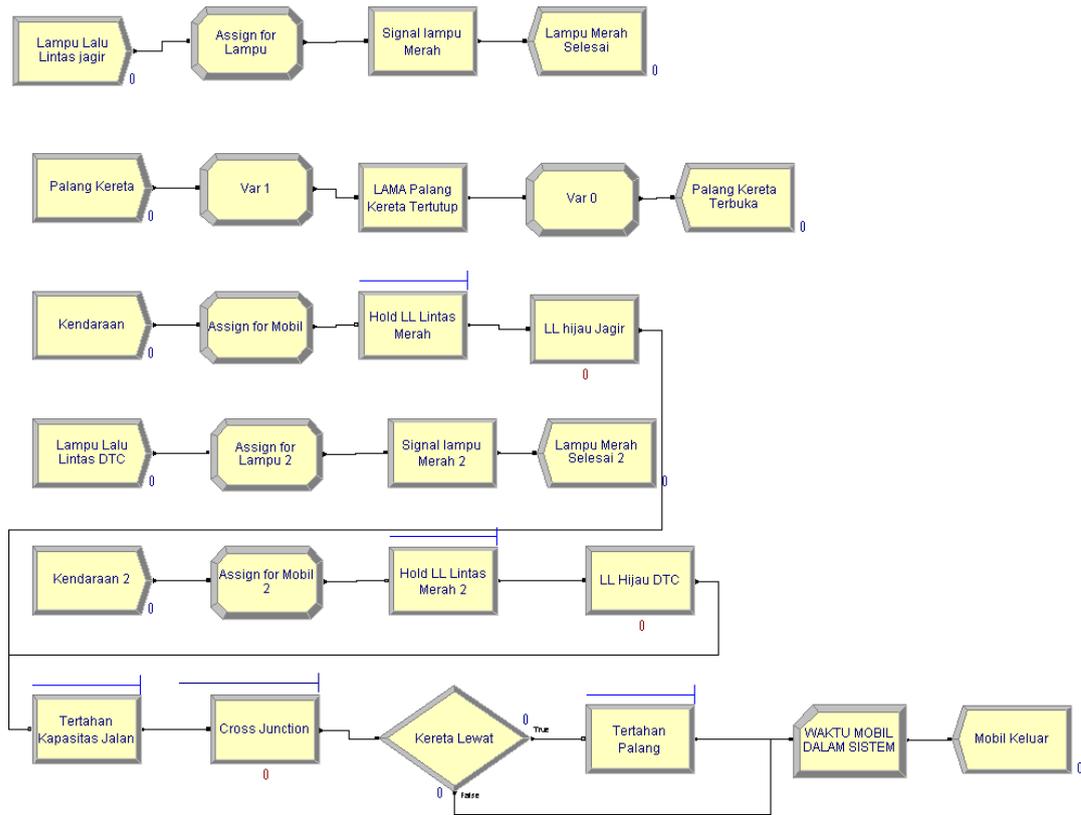
Skenario 1 ini dilakukan dengan menghilangkan jalur dari arah DTC menuju ke jalan Jagir Wonokromo.



Gambar 5. Skenario 1
 (Sumber: Olah data, 2023)

Skenario 1 mengurangi jumlah kendaraan yang melintas di persimpangan tersebut (Gambar 5). Dengan menghilangkan lampu lalu lintas, maka kendaraan dari arah DTC dapat langsung menuju ke jalan Ngagel tanpa harus berhenti. Hal ini diharapkan dapat mengurangi waktu tunggu kendaraan dan kemacetan di persimpangan.

Skenario 2 ini dilakukan dengan mengubah konfigurasi waktu lampu lalu lintas dan *cross junction*.



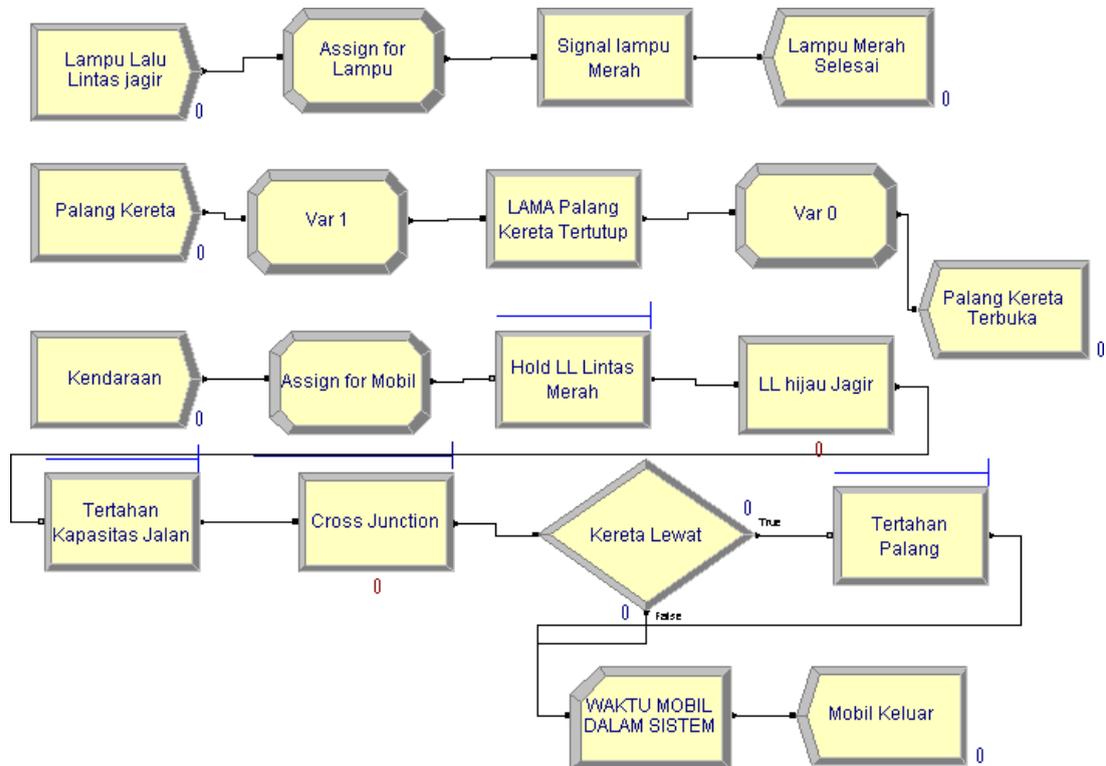
Gambar 6. Skenario 2
 (Sumber: Olah data, 2023)

Skenario 2 untuk mengatur aliran kendaraan agar lebih teratur dan mengurangi penumpukan kendaraan (Gambar 2). Skenario 2 dilakukan dengan mencari konfigurasi waktu lampu lalu lintas dan *cross junction*. Waktu lampu lalu lintas akan mengalami pengurangan dengan penambahan durasi *cross junction*. Waktu lampu lalu lintas yang dikurangi yaitu lama lampu lalu lintas menyala merah di Jalan Jagir Wonokromo, lampu lalu lintas menyala merah di DTC dan lampu lalu lintas menyala hijau di DTC.



Gambar 7. Konfigurasi Waktu Lampu Lalu Lintas dan *Cross junction*
 (Sumber: Olah data, 2023)

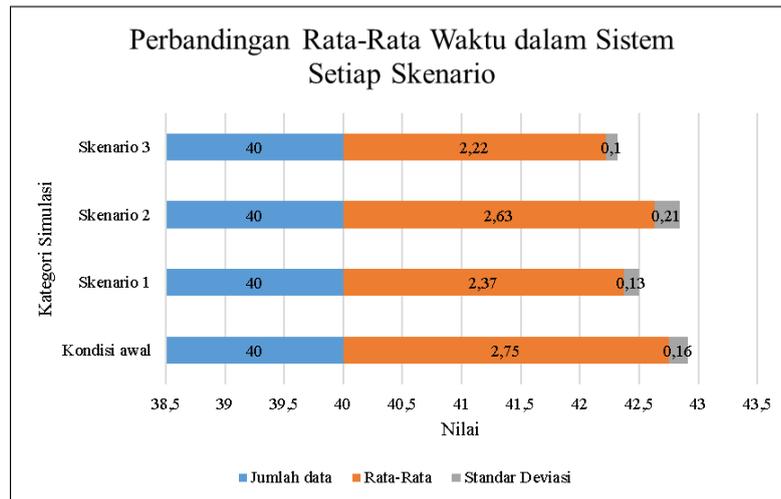
Waktu pengurangan yang dipilih dilakukan dengan memperhitungkan terlebih dahulu di waktu berapa kemacetan bisa mengalami penurunan paling rendah. Perhitungan dilakukan dengan penambahan 0,005 detik pada *cross junction*, karena setiap terjadi pengurangan pada lampu hijau DTC sebanyak 1 detik maka *cross junction* akan bertambah 0,005 detik.



Gambar 8. Skenario 3
(Sumber: Olah data, 2023)

Dengan demikian, didapatkan pengurangan waktu terbaik yaitu selama 15 detik yang membuat waktu di *cross junction* dari 1,22 detik menjadi 1,295 detik (Gambar 8).

Skenario 3 ini menggabungkan kedua skenario sebelumnya, yaitu menghilangkan lampu lalu lintas dari arah DTC dan mengubah konfigurasi waktu lampu lalu lintas dan *cross junction*.



Gambar 9. Perbandingan Rata-Rata Waktu dalam Sistem Setiap Skenario
(Sumber: olah data, 2023)

Skenario ini diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kedua skenario sebelumnya. Skenario 3 memberikan hasil yang paling baik dibandingkan dengan kedua skenario sebelumnya. Skenario 3 berhasil mengurangi waktu dalam sistem sebesar 20,2% dibandingkan dengan kondisi awal. Skenario 3 merupakan skenario perbaikan yang paling tepat untuk mengatasi permasalahan kemacetan di persimpangan Jalan Jagir Wonokromo.

3.4 Sampel T Berpasangan dan *Analysis of Variance*

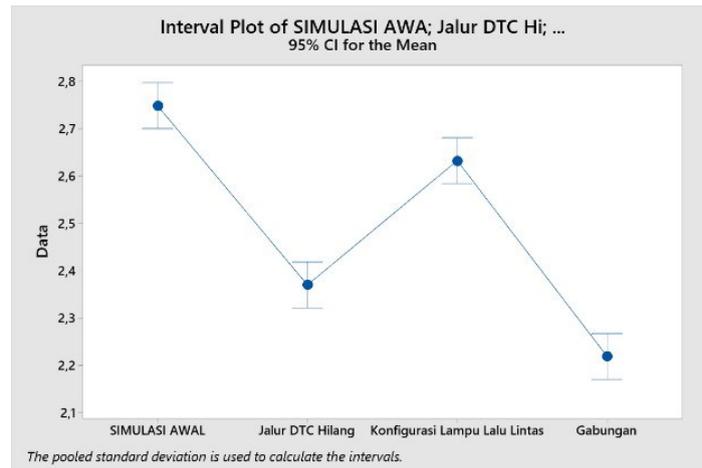
Dilakukan uji 2 sampel T Sampel Berpasangan untuk mengetahui apakah ada perbedaan dari masing-masing skenario yang telah diusulkan. Masing-masing skenario akan diuji terhadap model simulasi awal.

Tabel 2. Uji T Berpasangan

Sampel 1	Sampel 2	<i>P-value</i>
Kondisi Awal	Skenario 1	0,0000
Kondisi Awal	Skenario 2	0,0007
Kondisi Awal	Skenario 3	0,0000

(Sumber: olah data, 2023)

Uji T berpasangan menunjukkan bahwa Skenario 1, 2, dan 3 berbeda secara signifikan dengan kondisi awal dengan $p\text{-value} < 0,05$, dinyatakan terdapat perbedaan dari uji kondisi awal dengan skenario 1, skenario 2 dan skenario 3. Skenario 1 dan yang skenario 3 karena bernilai $p\text{-value} < 0,000$.



Gambar 10. Interval Plot Rata-Rata Waktu dalam Sistem untuk Semua Skenario
 (Sumber: olah data, 2023)

Namun, efektifitas skenario 3 lebih kompleks yang didukung dengan nilai persimpangan Jagir Wonokromo karena rata-rata waktu dalam sistem paling rendah yakni 2,22 menit.

Hasil dari ketiga skenario perbaikan kemudian diuji menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Hipotesis yang digunakan sebagai berikut:

H0 = rata-rata waktu dalam sistem untuk semua skenario simulasi sama

H1 = paling tidak ada salah satu skenario simulasi yang berbeda

Hasil uji ANOVA dengan nilai *p-value* (0,00) < 0,05 sehingga ada cukup bukti untuk menolak H0 dan dapat disimpulkan ada skenario yang memiliki perbedaan rata-rata waktu dalam sistem cukup signifikan.

Tabel 3. Analysis of Variance

Sumber variasi	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Rata-rata kuadrat	<i>F-Value</i>	<i>P-value</i>	Hipotesis
Antar grup	3	7,016	2,33877	96,89	0,00	H1 diterima

(Sumber: olah data, 2023)

Dampak dari skenario 3 menghilangkan jalur dari arah DTC menuju ke Jalan Jagir Wonokromo. Hal ini akan berdampak pada arus lalu lintas di persimpangan tersebut. Kendaraan dari arah DTC yang ingin menuju ke Jalan Jagir Wonokromo harus lurus terlebih dahulu kemudian putar balik di Jalan Ngagel. Hal ini dapat menambah waktu tempuh kendaraan tersebut. Namun, skenario 3 juga akan mengurangi jumlah kendaraan yang melintas di persimpangan tersebut. Hal ini dapat meningkatkan kapasitas persimpangan dan mengurangi penumpukan kendaraan. Secara keseluruhan, dampak skenario 3 terhadap arus lalu lintas di persimpangan tersebut dapat bersifat positif dan negatif. Dampak positifnya adalah berkurangnya kemacetan di

persimpangan tersebut. Dampak negatifnya adalah bertambahnya waktu tempuh kendaraan dari arah DTC yang ingin menuju ke Jalan Jagir Wonokromo.

Kesesuaian skenario 3 dengan kondisi persimpangan dinilai sesuai dengan kondisi persimpangan Jalan Jagir Wonokromo telah sejalan karena mampu meningkatkan akurasi kendali kemacetan sebesar 95% dengan tingkat kesalahan 5% [11]. Skenario ini tidak membutuhkan perubahan infrastruktur yang signifikan, karena sesuai dengan temuan t sebesar 30% dengan kematangan skenario meningkat dari 3% mencapai 50% [5], [27]. Skenario ini juga tidak akan menimbulkan dampak negatif yang signifikan terhadap arus lalu lintas di persimpangan tersebut.

Skenario 3 merupakan skenario perbaikan yang paling tepat untuk mengatasi permasalahan kemacetan di persimpangan Jalan Jagir Wonokromo. Skenario ini dinilai sesuai dengan kondisi persimpangan dan dapat diimplementasikan dengan mudah.

4. Kesimpulan

Skenario 3 sebagai solusi perbaikan yang paling tepat untuk mengatasi permasalahan kemacetan di persimpangan Jalan Jagir Wonokromo. Skenario ini berhasil mengurangi waktu dalam sistem sebesar 20,2% dibandingkan dengan kondisi awal. Dampak dari skenario 3 adalah berkurangnya kemacetan di persimpangan tersebut. Namun, skenario 3 juga akan menambah waktu tempuh kendaraan dari arah DTC yang ingin menuju ke Jalan Jagir Wonokromo. Kesesuaian skenario 3 dengan kondisi persimpangan dinilai sesuai dengan kondisi persimpangan Jalan Jagir Wonokromo. Skenario ini tidak membutuhkan perubahan infrastruktur yang signifikan dan tidak akan menimbulkan dampak negatif yang signifikan terhadap arus lalu lintas di persimpangan tersebut. Pemerintah dan masyarakat dapat mempertimbangkan skenario 3 untuk mengatasi kemacetan di persimpangan Jagir Wonokromo. Pemerintah perlu melakukan studi lebih lanjut untuk mengkaji dampak skenario 3 terhadap arus lalu lintas di persimpangan tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Z. A. Haqie, R. E. Nadiah, and O. P. Ariyani, "Inovasi Pelayanan Publik Suroboyo Bis Di Kota Surabaya," *JPSI (Journal Public Sect. Innov.*, vol. 5, no. 1, p. 23, 2020, doi: 10.26740/jpsi.v5n1.p23-30.
- [2] M. D. Willis *et al.*, "A population-based cohort study of electronic tolling, traffic congestion, and adverse birth outcomes," *Environ. Int.*, vol. 183, no. August 2023, p. 108355, 2024, doi: 10.1016/j.envint.2023.108355.
- [3] X. Wei, Y. Ren, L. Shen, and T. Shu, "Exploring the spatiotemporal pattern of traffic congestion performance of large cities in China: A real-time data based

- investigation,” *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 95, no. May, p. 106808, 2022, doi: 10.1016/j.eiar.2022.106808.
- [4] K. Bo, J. Teng, X. Liu, H. Liu, and H. Shi, “Dissipating traffic congestion of emergency events through information guidance on mobile terminals,” *Transp. Res. Procedia*, vol. 25, pp. 1276–1289, 2017, doi: 10.1016/j.trpro.2017.05.149.
- [5] I. Overtoom, G. Correia, Y. Huang, and A. Verbraeck, “Assessing the impacts of shared autonomous vehicles on congestion and curb use: A traffic simulation study in The Hague, Netherlands,” *Int. J. Transp. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 3, pp. 195–206, 2020, doi: 10.1016/j.ijtst.2020.03.009.
- [6] N. Avogadro, S. Birolini, R. Redondi, and P. Deforza, “Assessing airport ground access interventions: An integrated approach combining mode choice modeling and microscopic traffic simulation,” *Transp. Policy*, 2024, doi: 10.1016/j.tranpol.2024.01.013.
- [7] A. A. Putra and Y. Risdianto, “Analisis Kemacetan Lalu Lintas Di Ruas Jalan Raya Menganti Lidah Kulon Surabaya,” *Ejournal.Unesa.Ac.Id*, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/53279%0Ahttps://ejournal.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/53279/43614>.
- [8] E. Hany Fanida, “Strategi Dinas Perhubungan Kota Surabaya Untuk Mengurangi Kemacetan Jalan Raya Kota Surabaya,” *J. Mhs.*, p. 7, 2015, [Online]. Available: <http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/publika/article/download/11930/11042>.
- [9] J. A. Pradana, “Utility 1 Server On Queue Service (Study: Bank Account Number Conversion),” *AJIM (Airlangga J. Innov. Manag.)*, vol. 2, no. 2, pp. 187–193, 2021, [Online]. Available: <https://www.e-journal.unair.ac.id/AJIM/article/view/30232>.
- [10] J. A. Pradana, K. Sukma, Yunastrian, and M. F. Abdullah, “Integrasi Waiting Line dan Fishbone Diagram Sebagai Optimasi Jumlah Fasilitas Antrean Migrasi Rekening Bank,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 08, no. 01, pp. 1–9, 2022.
- [11] M. Saleem, S. Abbas, T. M. Ghazal, M. Adnan Khan, N. Sahawneh, and M. Ahmad, “Smart cities: Fusion-based intelligent traffic congestion control system for vehicular networks using machine learning techniques,” *Egypt. Informatics J.*, vol. 23, no. 3, pp. 417–426, 2022, doi: 10.1016/j.eij.2022.03.003.
- [12] N. L. Rachmawati and P. A. Dianisa, “Model Simulasi Sistem Diskrit untuk Meminimasi Rata-rata Waktu Tunggu Truk (Studi Kasus PT. XYZ),” *JURMATIS (Jurnal Manaj. Teknol. dan Tek. Ind.)*, vol. 4, no. 2, p. 122, 2022, doi: 10.30737/jurmatis.v4i2.2371.
- [13] M. Gallo, “Models, algorithms, and equilibrium conditions for the simulation of autonomous vehicles in exclusive and mixed traffic,” *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 129, no. October, p. 102838, 2023, doi: 10.1016/j.simpat.2023.102838.
- [14] W. Fahs *et al.*, “Traffic Congestion Prediction Based on Multivariate Modelling and Neural Networks Regressions,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 220, no. 2019, pp. 202–209, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.03.028.
- [15] Z. Lin, C. Feng, L. Zhang, X. Fan, and B. Zhao, “An Effect Evaluation of the Predictive Open Communities Based on Simulation Techniques - Taking the Traffic

- Congestion in Wuhan as an Example,” *Procedia Eng.*, vol. 198, no. September 2016, pp. 332–353, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.07.090.
- [16] K. Mohammed Almatar, “Traffic congestion patterns in the urban road network: (Dammam metropolitan area),” *Ain Shams Eng. J.*, vol. 14, no. 3, p. 101886, 2023, doi: 10.1016/j.asej.2022.101886.
- [17] W. Andreas, W. Shangbo, H. Bruck Guido, and J. Peter, “Traffic congestion estimation service exploiting mobile assisted positioning schemes in GSM networks,” *Procedia Earth Planet. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 1385–1392, 2009, doi: 10.1016/j.proeps.2009.09.214.
- [18] J. Jung, T. Oh, I. Kim, and S. Park, “Open-sourced real-time visualization platform for traffic simulation,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 220, pp. 243–250, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.03.033.
- [19] J. Li, E. Rombaut, and L. Vanhaverbeke, “Simulation of Shared Autonomous Vehicles Operations with Relocation Considering External Traffic: Case Study of Brussels,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 220, pp. 686–691, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.03.089.
- [20] C. Wang, T. Atkison, and H. Park, “Dynamic adaptive vehicle re-routing strategy for traffic congestion mitigation of grid network,” *Int. J. Transp. Sci. Technol.*, no. xxxx, 2023, doi: 10.1016/j.ijst.2023.04.003.
- [21] A. S. M. E. Dias *et al.*, “Utilization of the Arena simulation software and Lean improvements in the management of metal surface treatment processes,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 204, no. 2021, pp. 140–147, 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.08.017.
- [22] A. Oktaviani, H. Subawanto, and H. H. Purba, “The Implementation of ABC Classification and (Q, R) with Economic Order Quantity (EOQ) Model on the Travel Agency,” *ComTech Comput. Math. Eng. Appl.*, vol. 8, no. 1, p. 45, 2017, doi: 10.21512/comtech.v8i1.3778.
- [23] F. Hofinger *et al.*, “3-Step Calibration Process of a Microscopic Traffic Flow Simulation Platform for Mixed Traffic Scenarios,” *Transp. Res. Procedia*, vol. 72, no. 2022, pp. 1778–1785, 2023, doi: 10.1016/j.trpro.2023.11.653.
- [24] J. Cheng, L. Wu, Y. Gao, and X. Tian, “A multi-agent model of traffic simulation around urban scenic spots: From the perspective of tourist behaviors,” *Heliyon*, vol. 9, no. 10, p. e20929, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e20929.
- [25] I. K. Hutomo, K. Hosana, I. Gunawan, and L. P. S. Hartanti, “Optimasi Waktu Penyelesaian Kuota Vaksin pada Layanan Vaksinasi di Pusat Perbelanjaan dengan Simulasi Kejadian Diskrit,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 9, no. 1, pp. 13–21, 2023, doi: 10.30656/intech.v9i1.5045.
- [26] F. Gazzawe and M. Albahar, “Reducing traffic congestion in makkah during Hajj through the use of AI technology,” *Heliyon*, vol. 10, no. 1, p. e23304, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e23304.
- [27] M. Arun and R. Jayanthi, “An adaptive congestion and energy aware multipath routing scheme for mobile ad-hoc networks through stable link prediction,” *Meas. Sensors*, vol. 30, no. October, p. 100926, 2023, doi: 10.1016/j.measen.2023.100926.

- [28] M. K. Fauzi, H. B. Santoso, and S. Rahayuningsih, “Analisis Kepadatan Lalu Lintas Berdasarkan Pengaturan Traffic Light (Studi Kasus Perempatan Bandar Kidul Kota Kediri),” *JATI UNIK J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 97–108, 2018, doi: 10.30737/jatiunik.v1i2.116.