

ANALISIS DAMPAK LALU LINTAS PEMBANGUNAN *EXIT* TOL TERHADAP KINERJA LALU LINTAS DI KABUPATEN SEMARANG (STUDI KASUS *EXIT* TOL PRINGAPUS)

TRAFFIC IMPACT ANALYSIS OF EXIT TOLL CONSTRUCTION ON TRAFFIC PERFORMANCE IN SEMARANG DISTRICT (CASE STUDY ON EXIT TOLL PRINGAPUS)

Muhammad Pangeran Langit Al Biru^{1*}, Masrono Yugihartiman², Bambang Wijonarko³

¹Progam Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat, Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD,
Jalan Raya Setu Km 3,5 Cibitung, Bekasi, Jawa Barat, Indonesia

^{2,3}Dosen Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat Indonesia-STTD Jalan Raya Setu Km 3,5
Cibitung, Bekasi, Jawa Barat 17520

*E-mail: princeskyalblue19@gmail.com

Abstract

The development of a new toll exit on the Semarang - Solo toll road section is the Semarang Regency government's plan as an effort to encourage accelerated development of the area's function which is projected to act as an economic buffer in Semarang Regency. The aim of this research is to analyze the level of road network service before and after the toll exit and provide mitigation suggestions for handling it. This research was carried out using a quantitative approach through road capacity analysis with PKJI 2023, forecasting using other toll exit approaches, and Do-something modeling. From the research results, it was found that the operation of toll exits had the impact of generating and attracting new trips. From the results of the analysis, when the toll exit operates in 2025, it will generate trip generation of 437 PCU/hour, while trip attraction will be 468 PCU/hour. And in the evaluation year 2030, after operating for 5 (five) years, it will generate trips of 457 PCU/hour and attract trips of 468 PCU/hour. The problems that arise with the new journey will cause the traffic load to increase on the roads around the toll exit operation location and will give rise to new traffic conflicts on Jalan Karangjati - Klepu in particular resulting in queues and vehicle delays.

Keywords: *Exit Tol, Traffic Performance, Traffic Impact*

Abstrak

Pengembangan *exit* tol baru pada ruas Tol Semarang – Solo menjadi rencana pemerintah Kabupaten Semarang sebagai upaya untuk mendorong percepatan pengembangan fungsi kawasan yang diproyeksikan sebagai penyangga perekonomian di Kabupaten Semarang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat pelayanan jaringan jalan sebelum dan setelah adanya *exit* tol serta memberikan saran mitigasi penanganannya. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif melalui analisis kapasitas jalan dengan PKJI 2023, peramalan menggunakan pendekatan *exit* tol lain, serta pemodelan Do-something. Dari hasil penelitian didapatkan hasil dengan beroperasinya *exit* tol membawa dampak bangkitan dan tarikan perjalanan baru, dari hasil analisa saat *exit* tol beroperasi tahun 2025 akan menimbulkan bangkitan perjalanan sebesar 437 SMP/Jam, sedangkan tarikan perjalanan sebesar 468 SMP/Jam. Dan saat tahun evaluasi 2030 setelah beroperasi selama 5 (lima) tahun akan membangkitkan perjalanan sebesar 457 SMP/Jam dan menarik perjalanan sebesar 468 SMP/jam. Permasalahan yang timbul dengan adanya perjalanan baru tersebut menjadikan beban lalu lintas meningkat bagi ruas jalan disekitar lokasi operasi *exit* tol dan akan menimbulkan konflik lalu lintas baru pada Jalan Karangjati – Klepu khususnya sehingga terjadi antrian dan tundaan kendaraan.

Kata Kunci: *Exit Tol, Kinerja Lalu Lintas, Dampak Lalu Lintas*

PENDAHULUAN

Keberadaan infrastruktur memiliki peran yang sangat penting dalam mewujudkan interaksi sosial dan kelangsungan sistem perekonomian, dengan asumsi bahwasannya semakin baik keadaan infrastruktur, semakin baik pula pengaruhnya terhadap interaksi sosial dan keadaan ekonomi serta akan memacu kemajuan dan perkembangan suatu wilayah (Nurhayati et al., 2020). Ini dimungkinkan karena sarana dan prasarana transportasi bertindak sebagai pembentuk, pengarah, dan pemacu pertumbuhan suatu wilayah (Raharjo 2024). Pembangunan Infrastruktur jalan tol yang tengah gencar dilakukan pemerintah sebagai upaya perbaikan konektivitas wilayah menjadikan pembangunan *exit* tol sebagai bagian yang tidak terpisahkan. Pemerintah Kabupaten Semarang memanfaatkan peluang pembangunan *exit* tol ini sebagai strategi penyediaan ruang wilayah untuk penyanggga perekonomian.

Pengembangan *exit* tol baru pada ruas Tol Semarang – Solo menjadi rencana pemerintah yang termuat dalam Peraturan Daerah Kabupaten Semarang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Semarang tahun 2023 - 2043 sebagai upaya untuk mendorong percepatan pengembangan fungsi kawasan yang saat ini pada wilayah tersebut sedang berjalan proyek strategis yakni adanya pembangunan Kawasan Industri Pringapus, Bendungan Jragung, Kampus Polimarin di Wringinputih, dan rencana Pembangunan Lapangan Golf Pringapus. Manfaat lain yang ingin dicapai dengan beroperasinya *exit* tol ini adalah meningkatkan tingkat pelayanan jaringan jalan umum, karena sebagai wilayah dengan basis industri jumlah kendaraan barang yang melintas pada jalan nasional di Kabupaten Semarang memiliki proporsi signifikan, dan seringkali meningkatkan *mix traffic* serta banyaknya kecelakaan lalu lintas yang melibatkan angkutan barang berujung pada menurunnya kecepatan perjalanan dan meningkatnya waktu tempuh. Terkait dengan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk melihat dampak beroperasinya Exit Tol Pringapus terhadap kinerja jalan di Kabupaten Semarang, sehingga diperlukan kajian dampak lalu lintas yang komprehensif dari adanya pembangunan *exit* tol ini.

Dari Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Darmadi 2019), menunjukkan beroperasinya jalan tol dapat membantu memperbaiki kondisi lalu lintas yang ada. Kemudian penelitian yang disusun oleh (Sebayang 2022), yang menilai pengaruh adanya akses pintu Tol Sawojajar Kota Malang terhadap kinerja simpang jalan Ki Ageng Gribig dan Jalan Danau Jonge, menunjukkan *exit* tol sawojajar memiliki dampak peningkatan kinerja jalan dengan manajemen kapasitas yang telah dilakukan belum mencapai tingkat pelayanan yang diinginkan, sehingga masih diperlukan upaya penanganan terhadap Simpang Ki Ageng Gribig. Dan pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Awamirillah and Zudhy Irawan 2024), menunjukkan bahwa tanpa operasi *exit* tol di tahun 2024 terdapat peningkatan V/C rasio pada 3 ruas terdampak yaitu sebesar 10% dan setelah operasi *exit* Purwomartani di tahun 2024 meningkatkan derajat kejenuhan pada ruas yang paling terdampak yaitu jalan Opak Raya dan Prambanan – Piyungan sebesar 13,92%.

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan mengenai bagian ruas jalan dan simpang yang terdampak adanya pembangunan *Exit* Tol Pringapus dengan perhitungan kinerja jalan dan simpang menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023. Untuk melihat dampak lalu lintas lima tahun yang akan datang dilakukan *forecasting* dengan memanfaatkan data pertumbuhan kendaraan dan pendekatan lalu lintas yang kemudian dibandingkan dengan kinerja lalu lintas tahun saat ini, serta memberikan saran tindakan atau

perbaikan yang diperlukan untuk meningkatkan kinerja lalu lintas agar lebih baik. Melihat pentingnya penelitian tentang analisis dampak lalu lintas, maka artikel ini bertujuan untuk mengkaji dan mengetahui dampak pembangunan Exit Tol Pringapus terhadap kinerja jaringan jalan disekitarnya, sebagai upaya untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan dan mencapai tujuan pengembangan kawasan yang ada.

METODOLOGI

Pendekatan penelitian adalah pendekatan kuantitatif yaitu pendekatan ilmiah terhadap pengambilan keputusan. Pendekatan ini menurut Kuncoro dalam (Priyambodo 2018) berasal dari data, seperti bahan baku dalam suatu pabrik, data diproses dan diolah menjadi informasi yang berharga bagi pengambilan keputusan. Data-data tersebut didapat dari survei lapangan berupa Survei Inventarisasi, Survei pencacahan lalu lintas, dan Survei gerakan membelok terklasifikasi di persimpangan. Selanjutnya dilakukan pengolahan data dan analisis data dengan membagi pada 3 (tiga) kondisi yakni Kondisi Saat ini (*eksisting*), Tahun Operasional, dan Tahun evaluasi saat exit tol telah beroperasi selama 5 tahun.

Pengumpulan data dilakukan untuk menunjang proses analisis dampak lalu lintas pada *Exit Tol Pringapus* yang difungsikan sebagai jalan masuk dan jalan keluar pada ruas Tol Semarang – Solo, pengumpulan data dikelompokkan menjadi 2 yakni data sekunder dan data primer.

1. Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi maupun sumber lain yang memiliki kaitan dengan topik penelitian yang akan dilakukan. Data sekunder yang dikumpulkan dalam tahap ini berupa data volume kendaraan keluar dan masuk pada *Exit Tol Kaliwungu* tahun 2019 – 2023 dari PT. Jasamarga *Tollroad* Operator, Data volume kendaraan keluar dan masuk pada *Exit Tol Ungaran* tahun 2019 – 2023 dari PT. Tansmarga Jawa Tengah, Data jaringan jalan dan tata guna lahan yang sudah ada (*eksisting*) dari Dinas PUPR Kabupaten Semarang, Data kepemilikan kendaraan bermotor menurut Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah tahun 2017 - 2021 dari Badan Pusat Statistik Jawa Tengah.

2. Data Primer

Data Primer didapatkan secara langsung di lokasi dengan tujuan untuk memperoleh informasi penting berkaitan dengan kinerja dan kondisi lalu lintas dan jaringan jalan di sekitar lokasi. Adapun data yang diambil pada data primer untuk penelitian ini adalah Data Kapasitas Ruas Dan Simpang, Data volume kendaraan, Data Gerakan Membelok terklasifikasi di persimpangan.

KAJIAN LITERATUR

Analisis Dampak Lalu Lintas

Murwono dalam (Prasetyo 2016) fenomena dampak lalu-lintas diakibatkan oleh adanya pembangunan dan pengoperasian pusat kegiatan yang menimbulkan bangkitan lalu lintas yang cukup besar, seperti pusat perkantoran pusat perbelanjaan, terminal, dan lain-lain. (Ofyar Z. Tamin 2000) mengatakan bahwa setiap ruang kegiatan akan "membangkitkan" pergerakan dan "menarik" pergerakan yang intensitasnya tergantung pada jenis tata guna lahannya. Bila terdapat pembangunan infrastruktur atau pengembangan kawasan baru seperti daerah industri,

pusat perbelanjaan, kawasan pendidikan dan lain-lain tentu akan menyebabkan bangkitan dan tarikan lalu lintas baru akibat kegiatan tambahan di dalam dan sekitar kawasan tersebut.

Perencanaan Transportasi Dan Kinerja Jalan

Dalam buku Pengantar Sistem Dan Perencanaan Transportasi menjelaskan dari banyaknya faktor yang mempengaruhi sistem transportasi, tata guna lahan (*land use*) merupakan bagian terpenting, karena tata guna lahan dapat memacu bangkitnya arus lalu lintas (Azis and Asrul, 2014). Salter dalam (Prasetyo 2016) menyatakan hubungan antara lalu lintas dengan tata guna lahan dapat dikembangkan melalui suatu proses perencanaan transportasi yang saling terkait, terdiri dari bangkitan /tarikan perjalanan, untuk menentukan hubungan antara pelaku perjalanan dan faktor guna lahan yang dicatat dalam inventaris perencanaan.

Distribusi Perjalanan

Distribusi perjalanan erat kaitannya dengan distribusi jumlah perjalanan antara satu zona dengan zona lain, ini mengintrepertasikan penggunaan beragam moda transportasi untuk perjalanan dengan hasil pilihan moda yang dipengaruhi faktor seperti biaya, ketersediaan, preferensi, waktu perjalanan (jarak), dan pendapatan (Mulyono 2023). Matriks asal tujuan dapat menggambarkan pola pergerakan kendaraan di suatu persimpangan dengan asumsi lengan persimpangan dianggap sebagai asal dan tujuan pergerakan. Pola pergerakan dapat dihasilkan jika MAT dibebankan ke suatu model jaringan transportasi. Dengan mempelajari pola pergerakan yang terjadi, maka dapat dilakukan identifikasi permasalahan yang timbul sehingga dapat dihasilkan beberapa solusi. MAT memegang peranan penting dalam berbagai kajian perencanaan dan manajemen transportasi (Ofyar Z. Tamin, 2000).

Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat didasarkan oleh data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau rumus korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017). Menurut (Wahab, Sentosa, and Sebayang, 2015) faktor pertumbuhan lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang memakai jalan dari tahun ke tahun yang dipengaruhi oleh perkembangan daerah, bertambahnya kesejahteraan masyarakat, dan naiknya kemampuan membeli kendaraan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Pratama, Hermawanto, and Astuti, 2022) menjelaskan mengenai pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan metode *Trend Linier* untuk menggambarkan pertumbuhan volume kendaraan pada masa yang akan datang, berasal dari pertumbuhan kendaraan bermotor pada setiap tahunnya.

Pendekatan Volume Lalu Lintas

Pergerakan arus manusia, kendaraan dan barang seringkali menyebabkan berbagai macam interaksi. Interaksi merupakan sebuah konsep dasar antara tata guna lahan dan transportasi terletak pada aksesibilitas yang menggabungkan sistem pengaturan tata guna lahan secara geografis dengan sistem transportasi yang menghubungkannya (Ofyar Z. Tamin, 2000). Sistem interaksi guna lahan dan transportasi sangat dinamis dan melibatkan unsur-unsur lain sebagai pembentuk watak setiap komponen seperti pada komponen guna lahan meliputi adanya unsur kependudukan, sosial ekonomi, ekonomi wilayah, harga lahan dan sebagainya.

Konsep yang dijelaskan dalam buku Perencanaan dan Pemodelan Transportasi terjadinya pergerakan atau perjalanan dikaitkan dengan pola hubungan antara distribusi perjalanan dengan distribusi tata guna lahan yang terdapat di dalam suatu wilayah. Dalam hal ini, konsep dasarnya adalah bahwa suatu perjalanan dilakukan untuk melakukan kegiatan tertentu di lokasi yang dituju, dan lokasi kegiatan tersebut ditentukan oleh pola tata guna lahan kota tersebut (Ofyar Z. Tamin, 2000). Dengan demikian, setiap perubahan guna lahan pada suatu daerah akan berpengaruh pada sistem transportasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Saat Ini (*Eksisting*)

Analisis Kinerja Ruas Jalan Dan Persimpangan

Kinerja ruas jalan ditentukan dari perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas ruas jalan atau yang biasa disebut dengan V/C rasio yang kemudian dapat menentukan nilai *Level Of Service* (LOS) dari masing-masing ruas jalan berdasarkan Buku Pengantar Teknik Dan Perencanaan Transportasi. Selanjutnya nilai LOS untuk kondisi *eksisting* ruas jalan dapat dilihat pada **Table 1**.

Table 1. Penentuan Kinerja Ruas Jalan

Nama Ruas Jalan	Kapasitas	Volume	V/C Rasio	Indeks
Jl. Batas Ungaran – Bawen 2	8,448	4,926	0,58	C
Jl. Batas Ungaran – Bawen 3	8,448	4,783	0,57	C
Jl. Karangjati - Klepu	3,520	1,783	0,51	C
Jl. Klepu – Kemasan	3,458	1,979	0,57	C

Berdasarkan tabel tingkat pelayanan pada ruas jalan kajian memiliki tingkat pelayanan ruas jalan dengan nilai “C”, yang artinya dalam zona arus lalu lintas masih stabil tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan di batasi oleh volume lalu lintas yang tinggi, dan kepadatan lalu lintas sedang karena hambatan samping disekitar ruas jalan meningkat.

Level Of Service (LOS) pada persimpangan dapat ditentukan dengan melihat kondisi tundaan lalu lintas dan panjang antrian. Tingkat pelayanan umumnya digunakan sebagai ukuran dari pengaruh dari akibat adanya peningkatan volume setiap ruas jalan atau persimpangan jalan yang digolongkan pada tingkat A sampai F.

Table 2. Kinerja Simpang 3 (Tiga) Karangjati Kondisi Eksisting

Pendekat	Arus Lalu Lintas (SMP/Jam)	Kapasitas (SMP/Jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan Simpang Rata – Rata (det/SMP)	Tingkat Pelayanan
U	1460,95	1416,87	1,03	225,21	245,46	F
T	562,20	410,21	1,37	449,73		
S	1299,10	1724,80	0,75	188,64		

Berdasarkan analisis kinerja persimpangan maka dapat ditentukan tingkat pelayanan Simpang 3 (tiga) Karangjati, berdasarkan PM 96 Tahun 2015. Tingkat pelayanan simpang memiliki arti semakin tinggi tundaan pada simpang maka nilai tingkat pelayanan semakin

rendah. Pada Simpang 3 (tiga) Karangjati tingkat pelayanan mendapatkan nilai F dengan tundaan rata-rata simpang lebih dari 60 detik, sehingga kondisi simpang pada jam puncak dikategorikan buruk dan perlu upaya perbaikan segera.

Pembagian Zona

Pembagian zona pada wilayah kajian ditetapkan dengan mempertimbangkan jaringan jalan yang akan terpengaruh oleh adanya pembangunan *exit* tol karena sebagai akses utama keluar maupun menuju *exit* tol di wilayah kajian. Wilayah kajian ini dibagi menjadi 4 (empat) wilayah zona. Pembagian zona ini dilakukan untuk mempermudah dalam klasifikasi pergerakan kendaraan berdasarkan asal dan tujuan perjalanannya. Berikut merupakan gambar zona lalu lintas wilayah kajian penulis.



Gambar 1. Zona Lalu Lintas

Distribusi Perjalanan Kondisi Saat Ini Tahun 2023 Tanpa Pembangunan

Table 3. Matriks Kondisi Saat Ini Tahun 2023 (SMP/Jam)

O/D	1	2	3	4	Total
1	0	1,158	303	182	1,643
2	1,134	0	165	115	1,414
3	386	176	0	106	668
4	347	231	578	0	1,157
Total	1,867	1,566	1,046	403	4,882

Kondisi matriks perjalanan kondisi saat ini tahun 2023 yang diperoleh dan telah diseimbangkan dengan melakukan iterasi baris dan kolom sebanyak 2 kali pengulangan menggunakan metode detroit. Berdasarkan data hasil perhitungan hasil pembebanan perjalanan yang dihasilkan dalam jaringan sebesar 4,882 SMP/Jam pada kondisi saat ini tahun 2023. Berdasarkan matriks banyak arus lalu lintas yang menuju zona 1 dan zona 2 dikarenakan pada zona tersebut merupakan jalan penghubung antara Kabupaten Semarang dan Kota Surakarta.

Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk melihat kondisi pembebanan lalu lintas ditahun rencana, dengan asumsi prediksi bangkitan dan tarikan perjalanan berdasarkan pertumbuhan jumlah kendaraan.

Table 4. Pertumbuhan Kendaraan Di Kabupaten Semarang

Jenis	2017	2018	2019	2020	2021
Mobil Penumpang	29,094	36,608	404,48	43,204	36,363
Bus	1,859	1,741	1,842	1,872	1,998
Truk	21,082	17,618	18,919	19,531	24,839
Sepeda Motor	415,747	439,064	464,135	474,110	496,605
Total	467,782	495,031	525,344	538,717	559,805

Dengan menggunakan metode *trend Linier* untuk memberikan gambaran mengenai peningkatan jumlah kendaraan. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel. 5.**

Table 5. Pertumbuhan Kendaraan Bermotor Dengan Metode *Trend Linier*

Data	Tahun	Periode	Jumlah Total Kendaraan
Tahun Dasar	2017	1	467,782
	2018	2	495,031
	2019	3	525,344
	2020	4	538,717
	2021	5	559,805
Tahun <i>Forecasting</i>	2022	6	585,654
	2023	7	608,427
	2024	8	631,200
	2025	9	653,973
	2026	10	676,746
	2027	11	699,519
	2028	12	722,292
	2029	13	745,065
	2030	14	767,838

Dari perhitungan *trend linear* didapatkan persamaan nilai pertumbuhan kendaraan bermotor yaitu $Y = 449016 + 22773x$, sehingga nilai pertumbuhan kendaraan untuk tahun operasional 2025 sebesar 7,49% dari data pertumbuhan kondisi saat ini tahun 2023 dan tahun evaluasi 2030 setelah 5 tahun beroperasi kendaraan tumbuh sebesar 16,28%.

Tahun Operasional Exit Tol (Tahun 2025)

Distribusi Perjalanan Tahun Operasional 2025 Tanpa Pembangunan

Table 6. Matriks Kondisi Operasional Tahun 2025 Tanpa Pembangunan (SMP/Jam)

O/D	1	2	3	4	Total
1	0	1,245	325	195	1,766
2	1,219	0	177	124	1,520
3	415	190	0	114	718
4	373	249	622	0	1,243
Total	2,007	1,683	1,124	433	5,247

Berdasarkan perhitungan hasil pembebanan perjalanan yang dihasilkan dalam jaringan jalan meningkat sebesar 366 SMP/Jam dari tahun 2023. Jumlah perjalanan terbesar pada jam puncak adalah dari zona 1 ke zona 2 dengan jumlah perjalanan sebesar 1245 SMP/jam, merupakan volume kendaraan dari Ungaran menuju Bawen.

Kinerja Lalu Lintas Kondisi Operasional Tahun 2025 Tanpa Pembangunan

Table 7. Kinerja Ruas Jalan Kondisi Operasional Tahun 2025 Tanpa Pembangunan

Nama Ruas Jalan	Kapasitas	Volume	V/C Rasio	LOS
Jl. Batas Ungaran – Bawen 2	8,096	5,295	0,63	C
Jl. Batas Ungaran – Bawen 3	8,536	5,141	0,61	C
Jl. Karangjati - Klepu	3,480	1,917	0,54	C
Jl. Klepu – Kemasan	3,458	2,127	0,62	C

Table 8. Kinerja Simpang Kondisi Operasional Tanpa Pembangunan

Pendekat	Arus Lalu Lintas (SMP/Jam)	Kapasitas (SMP/Jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan Simpang Rata – Rata (det/SMP)	Tingkat Pelayanan
U	1570,38	1416,87	1,11	265,89	298,08	F
T	604,31	410,21	1,47	566,17		
S	1396,40	1724,80	0,81	203,55		

Unjuk kerja yang dilakukan untuk mengetahui tingkat beban lalu lintas pada ruas jalan dan simpang kajian, diketahui bahwa peningkatan volume lalu lintas terjadi pada masa operasional tahun 2025 tanpa pembangunan, nilai V/C rasio pada ruas jalan kajian mengalami peningkatan namun tingkat pelayanan jalan masih menunjukkan nilai “C” sehingga ruas jalan mengalami peningkatan arus dalam rentang stabil. Sedangkan pada simpang kondisi semakin buruk ditunjukkan dengan nilai panjang antrian yang meningkat dan lama waktu tundaan di simpang yang juga menunjukkan peningkatan hingga 298,08 detik.

Kinerja Lalu Lintas Kondisi Operasional Tahun 2025 Dengan Pembangunan (*Do – Nothing*)

Penambahan volume lalu lintas diperoleh dari data lalu lintas harian rata-rata *Exit* Tol Kaliwungu yang telah dilakukan peramalan untuk tahun operasional 2025, kemudian diolah menjadi distribusi lalu lintas perjam menggunakan faktor k sebagai faktor pengubah lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) ke lalu lintas jam puncak, perhitungan volume jam perencanaan pada *Exit* Tol Kaliwungu dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Table 9. Volume Jam Perencanaan *Exit* Tol Kaliwungu 2025

No	Jenis Kendaraan	Lalu Lintas Harian Rata – Rata Tahunan 2025		k	Volume Jam Perencanaan Tahun 2025 (5) = (3) x (4)			
					kend/jam	kend/jam	SMP/Jam	SMP/Jam
		Masuk	Keluar		Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
(1)	(2)	(3)		(4)	(5)			
1	Gol I	3,618	3,141	0,08	289	251	289	251
2	Gol II	1,321	1,379		106	110	127	132
3	Gol III	364	395		29	32	35	38
4	Gol IV	56	57		4	5	7	7
5	Gol V	74	62		6	5	10	8
Total		5,432	5,034		435	403	468	437

Dari hasil perhitungan diperoleh gambaran dengan beroperasinya *Exit* Tol Pringapus akan membangkitkan perjalanan sebesar 437 SMP/Jam dan menarik perjalanan sebesar 468 SMP/jam, adanya penambahan bangkitan dan tarikan perjalanan ini menyebabkan volume lalu lintas pada ruas kajian mengalami kenaikan. Dengan adanya penambahan zona baru berdasarkan hasil dari matriks perjalanan maka kita dapat menentukan besaran zona yang mengalami beberapa perubahan, perhitungan untuk mencari zona 5 (lima) dengan menggunakan penyeimbangan nilai CTMC dengan hasil asal tujuan dari zona 1 (satu) sampai zona 4 (empat) yang sudah mengalami peningkatan untuk tahun operasional 2025 sebagai acuan dasar.

Table 10. Matriks Kondisi Operasional Tahun 2025 Dengan Pembangunan (SMP/Jam)

O/D	1	2	3	4	5	Total
1	0	1,245	325	195	183	1948
2	1,219	0	177	124	122	1642
3	415	190	0	114	304	1022
4	373	249	622	0	164	1407
5	170	114	284	153	0	721
Total	2,177	1,797	1,408	586	772	6740

Berdasarkan matriks perjalanan saat *exit* tol diperkirakan telah beroperasi, dimana terdapat satu titik akses pintu keluar-masuk *Exit* Tol Pringapus yang menghubungkan langsung dengan zona 3 (tiga), mengalami perubahan kenaikan tingkat kendaraan yang berasal dari zona 3 (tiga) menuju zona 1 (satu) dan 2 (dua). Berdasarkan hasil prediksi tersebut dapat dinyatakan bahwa akan mengalami penambahan kepadatan lalu lintas yang berdampak langsung terhadap kinerja lalu lintas ruas jalan maupun simpang di Kabupaten Semarang. Unjuk kerja jalan pada tahun 2025 dengan pembangunan tanpa dilakukan penangan (*Do – Nothing*) terhadap peningkatan dan bangkitan perjalanan yang ada maka kondisi ruas jalan kajian disajikan pada tabel berikut:

Table 11. Kinerja Ruas Jalan Kondisi Operasional Tahun 2025 Dengan Pembangunan (*Do - Nothing*)

Nama Ruas Jalan	Kapasitas	Volume	V/C Rasio	LOS
Jl. Batas Ungaran – Bawen 2	8,096	5,648	0,67	C
Jl. Batas Ungaran – Bawen 3	8,536	5,377	0,64	C
Jl. Karangjati - Klepu	3,480	2,505	0,71	C
Jl. Klepu – Kemasan	3,458	2,444	0,71	C

Table 12. Kinerja Simpang Kondisi Operasional Tahun 2025 Dengan Pembangunan (*Do - Nothing*)

Pendekat	Arus Lalu Lintas (SMP/Jam)	Kapasitas (SMP/Jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan Simpang Rata – Rata (det/SMP)	Tingkat Pelayanan
U	1923,33	1416,87	1,36	419,73	1780,51	F
T	1192,56	410,21	2,91	3404,81		
S	1631,70	1724,80	0,95	240,09		

Analisis pembebanan perjalanan dilakukan untuk mengetahui tingkat beban lalu lintas yang melalui ruas jalan kajian, dari tabel di atas menggambarkan pada masa operasional dengan pembangunan tanpa penanganan tingkat pelayanan ruas jalan tetap menunjukkan nilai “C” disertai peningkatan v/c rasio jalan, pada kondisi ini pengemudi mulai menurunkan kecepatan kendaraan dikarenakan adanya peningkatan kepadatan lalu lintas sehingga pengemudi memiliki keterbatasan dalam melajukan kendaraan, pindah lajur maupun mendahului. Pada simpang kajian seiring adanya penambahan volume lalu lintas dengan kondisi kapasitas jalan, geometrik jalan dan faktor lainnya tidak mengalami perubahan menyebabkan kondisi pelayanan simpang semakin buruk, pada kondisi ini panjang antrian kaki simpang timur mencapai 3404,81 meter dan tundaan simpang hingga 1780,51 detik.

Kinerja Lalu Lintas Kondisi Operasional Tahun 2025 Dengan Pembangunan (*Do – Something*)

Beroperasinya *Exit* Tol Pringapus telah menimbulkan permasalahan lalu lintas baru pada ruas jalan dan simpang kajian, permasalahan terbesar dirasakan pada simpang hingga terjadi tundaan simpang rata-rata mencapai 1780,51 detik dengan antrian terpanjang hingga 3404,81 meter. Banyak faktor yang mempengaruhi buruknya kondisi lalu lintas di simpang seperti lebar lajur jalan yang terbatas, adanya hambatan samping, dan siklus simpang yang lama namun tidak berjalan dengan efektif untuk mengurai antrian kendaraan. Sehingga perlu dilakukan upaya perbaikan terhadap faktor yang mempengaruhi kinerja lalu lintas tersebut. Unjuk kerja jalan pada tahun 2025 dengan pembangunan dengan dilakukan penanganan (*Do – Something*) terhadap peningkatan dan bangkitan perjalanan yang ada maka kondisi ruas jalan kajian disajikan pada tabel berikut:

Table 13. Kinerja Ruas Jalan Kondisi Operasional Tahun 2025 Dengan Pembangunan (*Do - Something*)

Nama Ruas Jalan	Kapasitas	Volume	V/C Rasio	LOS
Jl. Batas Ungaran – Bawen 2	8,888	5,648	0,64	C
Jl. Batas Ungaran – Bawen 3	8,888	5,377	0,60	C
Jl. Karangjati - Klepu	3,960	2,505	0,63	C
Jl. Klepu – Kemasan	3,960	2,444	0,62	C

Table 14. Kinerja Simpang Kondisi Operasional Tahun 2025 Dengan Pembangunan (*Do - Something*)

Pendekat	Arus Lalu Lintas (SMP/Jam)	Kapasitas (SMP/Jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan Simpang Rata – Rata (det/SMP)	Tingkat Pelayanan
U	2074,78	2242,62	0,93	125,58	106,60	F
T	1108,71	699,47	1,59	352,68		
S	1994,18	2198,19	0,91	120,61		

Upaya mitigasi yang dilakukan mampu memperbaiki kondisi pelayanan jalan dan simpang seperti saat tidak adanya pembangunan, sehingga pengaruh adanya pembangunan terhadap lalu lintas dapat dikendalikan. Langkah mitigasi yang dilakukan yakni dengan memperbaiki

geometrik badan jalan dengan menyesuaikan peraturan teknis jalan dan perencanaan teknis jalan PM Nomor 5 Tahun 2023 memanfaatkan ruang milik jalan yang tersedia. Kemudian upaya penanganan yang dilakukan terhadap simpang yakni dengan melakukan perbaikan siklus simpang menjadi 75 detik yang sebelumnya lama waktu siklus simpang mencapai 184 detik, upaya ini dapat menurunkan panjang antrian dan tundaan simpang yang cukup signifikan.

Tahun Evaluasi Exit Tol (Tahun 2030)

Distribusi Perjalanan Tahun Evaluasi 2030 Tanpa Pembangunan

Hasil dari *forecasting* berdasarkan rumus trend linier menunjukkan pada tahun evaluasi 2030 atau setelah 5 tahun *exit* tol beroperasi mengalami peningkatan sebesar 16,28%, hasil ini kemudian dikalikan dengan nilai jumlah asal dan tujuan dan diseimbangkan melalui proses iterasi baris dan kolom menggunakan metode detroit. Matriks perjalanan pada wilayah kajian tahun evaluasi 2030 tanpa pembangunan dapat dilihat pada **Tabel V. 15**.

Table 15. Matriks Perjalanan Tahun Evaluasi 2030 Tanpa Pembangunan (SMP/Jam)

O/D	1	2	3	4	Total
1	0	1,448	378	227	2053
2	1,418	0	206	144	1768
3	482	220	0	132	835
4	434	289	723	0	1446
Total	2,334	1,957	1,307	503	6101

Berdasarkan perhitungan hasil pembebanan perjalan yang dihasilkan dalam jaringan jalan meningkat sebesar 854 SMP/Jam dari tahun operasional *exit* tol 2025. Jumlah perjalanan terbesar pada jam puncak adalah dari zona 1 ke zona 2 dengan jumlah perjalanan sebesar 1,448 SMP/Jam, merupakan volume kendaraan dari Ungaran menuju Bawen.

Kinerja Lalu Lintas Tahun Evaluasi 2030 Tanpa Pembangunan

Analisis unjuk kerja lalu lintas dilakukan pada tahun evaluasi 2030, kondisi lalu lintas terus mengalami peningkatan seiring pertumbuhan kepemilikan kendaraan. Pada tahun evaluasi 2030 tanpa pembangunan volume lalu lintas meningkat sebesar 548 SMP/jam, dari peningkatan ini dapat dilakukan unjuk kerja lalu lintasi ruas jalan dan simpang kajian pada tahun evaluasi dengan asumsi kapasitas jalan, geometrik jalan dan faktor lainnya tidak mengalami perubahan atau dianggap sama dengan kondisi saat ini tahun 2023. Maka kinerja ruas jalan dan simpang dapat dinilai sebagai berikut:

Table 16. Kinerja Ruas Jalan Tahun Evaluasi 2030 Tanpa Pembangunan

Nama Ruas Jalan	Kapasitas	Volume	V/C Rasio	LOS
Jl. Batas Ungaran – Bawen 2	8,448	6,157	0,73	C
Jl. Batas Ungaran – Bawen 3	8,448	5,978	0,71	C
Jl. Karangjati - Klepu	3,520	2,229	0,63	C
Jl. Klepu – Kemasan	3,458	2,474	0,72	C

Table 17. Kinerja Simpang Tahun Evaluasi 2030 Tanpa Pembangunan

Pendekat	Arus Lalu Lintas (SMP/Jam)	Kapasitas (SMP/Jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan Simpang Rata – Rata (det/SMP)	Tingkat Pelayanan
U	1826,04	1416,87	1,29	373,87	437,77	F
T	702,69	410,21	1,71	883,30		
S	1623,73	1724,80	0,94	238,84		

Unjuk kerja yang dilakukan untuk mengetahui tingkat beban lalu lintas pada ruas jalan dan simpang kajian tahun evaluasi 2030, didapatkan hasil secara umum kondisi lalu lintas meningkat seiring bertambahnya volume lalu lintas, tingkat pelayanan jalan menunjukkan nilai “C”. Pada kondisi ini pengemudi mulai menurunkan kecepatan kendaraan dikarenakan adanya peningkatan kepadatan lalu lintas sehingga pengemudi memiliki keterbatasan dalam melajukan kendaraan, pindah lajur maupun mendahului. Sedangkan kondisi simpang menunjukkan nilai panjang antrian dan waktu tundaan simpang yang besar, panjang antrian mencapai 883,49 meter dan tundaan simpang hingga 437,77 detik, sehingga tingkat pelayanan simpang tetap menunjukkan nilai “F”.

Kinerja Lalu Lintas Tahun Evaluasi 2030 Dengan Pembangunan (*Do – Nothing*)

Pada tahun 2030 *Exit* Tol Pringapus diperkirakan telah beroperasi selama 5 (lima) tahun, untuk mengetahui dampak susulan dikemudian hari dengan beroperasinya *exit* tol maka pada tahapan ini dipilih metode pendekatan dengan menggunakan *Exit* Tol Ungaran. *Exit* Tol Ungaran telah beroperasi lebih lama dibandingkan *Exit* Tol Kaliwungu sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih mendekati keadaan sebenarnya.

Penambahan volume lalu lintas diperoleh dari data lalu lintas harian rata-rata *Exit* Tol Ungaran yang diolah menjadi distribusi lalu lintas perjam menggunakan faktor k sebagai faktor pengubah LHRT ke lalu lintas jam puncak, perhitungan volume jam perencanaan pada *Exit* Tol Ungaran dapat dilihat pada tabel berikut:

Table 18. Volume Jam Perencanaan *Exit* Tol Ungaran 2030

No	Jenis Kendaraan	Lalu Lintas Harian Rata – Rata Tahunan 2030		k	Volume Jam Perencanaan Tahun 2030 (5) = (3) x (4)			
					kend/jam	kend/jam	SMP/Jam	SMP/Jam
		Masuk	Keluar		Masuk	Keluar	Masuk	Keluar
(1)	(2)	(3)		(4)	(5)			
1	Gol I	5,628	5,497	0,08	450	440	450	440
2	Gol II	154	158		12	13	15	15
3	Gol III	13	5		1	0	1	1
4	Gol IV	7	6		1	1	1	1
5	Gol V	5	4		0	0	1	1
Total		5,807	5,672		465	465	454	468

Dari hasil perhitungan diperoleh gambaran saat *exit* tol telah beroperasi selama 5 (lima) tahun akan membangkitkan perjalanan sebesar 457 SMP/Jam dan menarik perjalanan sebesar 468 SMP/jam ditahun evaluasi 2030, adanya penambahan bangkitan dan tarikan perjalanan ini menyebabkan volume lalu lintas pada ruas kajian mengalami kenaikan. Unjuk kerja jalan pada tahun 2030 dengan pembangunan tanpa dilakukan penangan (*Do – Nothing*) terhadap peningkatan dan bangkitan perjalanan yang ada maka kondisi ruas jalan kajian disajikan pada Tabel 19.

Table 19. Matriks Tahun Evaluasi 2030 Dengan Pembangunan (SMP/Jam)

O/D	1	2	3	4	5	Total
1	0	1,448	378	227	183	2236
2	1,418	0	206	144	122	1890
3	482	220	0	132	304	1139
4	434	289	723	0	164	1609
5	178	119	297	160	0	754
Total	2,512	2,076	1,604	663	772	7628

Berdasarkan matriks perjalanan jalan tol diperkirakan telah beroperasi selama 5 tahun mendatang mengalami peningkatan pada jumlah bangkitan dari zona 5 yang merupakan pintu *exit* tol, hal ini dimungkinkan *Exit* Tol Pringapus telah menjadi preferensi jalan baru yang mulai sering digunakan oleh masyarakat dan menjadi akses utama untuk melakukan perjalanan, akibat dari kenaikan zona 5 (lima) juga berpengaruh terhadap kenaikan zona lainnya dengan total volume perjalan perjam mencapai 7628 SMP/jam.

Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat dinyatakan bahwa akan mengalami penambahan kepadatan lalu lintas yang berdampak langsung terhadap kinerja lalu lintas ruas jalan maupun simpang di Kabupaten Semarang. Unjuk kerja jalan pada tahun evaluasi 2030 dengan pembangunan tanpa dilakukan penangan (*Do – Nothing*) terhadap peningkatan dan bangkitan perjalanan yang ada maka kondisi ruas jalan kajian disajikan pada tabel berikut:

Table 20. Kinerja Ruas Jalan Tahun Evaluasi 2030 Dengan Pembangunan (*Do - Nothing*)

Nama Ruas Jalan	Kapasitas	Volume	V/C Rasio	LOS
Jl. Batas Ungaran – Bawen 2	8,448	6,518	0,77	D
Jl. Batas Ungaran – Bawen 3	8,448	6,219	0,74	C
Jl. Karangjati - Klepu	3,520	2,830	0,80	D
Jl. Klepu – Kemasan	3,458	2,797	0,81	D

Table 21. Kinerja Simpang Kondisi Operasional Tahun 2025 Dengan Pembangunan (*Do - Nothing*)

Pendekat	Arus Lalu Lintas (SMP/Jam)	Kapasitas (SMP/Jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan Simpang Rata – Rata (det/SMP)	Tingkat Pelayanan
U	2186,79	1416,87	1,64	638,30	1842,87	F
T	1303,94	410,21	3,07	3877,19		
S	1864,23	1724,80	1,24	397,93		

Analisis pembebanan perjalanan tahun evaluasi 2030 dengan pembangunan tanpa dilakukan penanganan menunjukkan kondisi menurunnya tingkat pelayanan jalan. Pada ruas Jalan Karangjati – Klepu, Jalan Klepu – Kemasan, dan Jalan Batas Ungaran – Bawen 2 arus mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas tinggi menunjukkan tingkat pelayanan “D” yang artinya pengemudi memiliki keterbatasan dalam menjalankan kendaraan karena kecepatan menjadi terbatas seiring mulai terjadinya kepadatan lalu lintas, sedangkan pada Jalan Batas Ungaran – Bawen 3 tingkat pelayanan bertahan dalam kondisi “C” yang berarti arus stabil namun pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi. Untuk simpang menunjukan kondisi yang semakin buruk dengan panjang antrian terpanjang mencapai 3877,19 meter dan tundaan 1842,87 detik, pada kondisi ini geometrik jalan dan faktor lainnya tidak mengalami perubahan.

Kinerja Lalu Lintas Tahun Evaluasi 2030 Dengan Pembangunan (*Do – Something*)

Pada periode ini unjuk kerja dilakukan untuk mengevaluasi kinerja lalu lintas terhadap upaya mitigasi yang telah dilakukan ditahun operasional apakah masih dapat berjalan dengan efektif mengendalikan kondisi lalu lintas ditahun tersebut dengan adanya *exit* tol yang beroperasi atau perlu ada perbaikan kembali. Unjuk kerja jalan pada tahun 2030 dengan pembangunan dengan dilakukan penangan (*Do – Something*) terhadap peningkatan dan bangkitan perjalanan yang ada maka kondisi ruas jalan kajian disajikan pada tabel berikut:

Table 22. Kinerja Ruas Jalan Tahun Evaluasi 2030 Dengan Pembangunan (*Do - Something*)

Nama Ruas Jalan	Kapasitas	Volume	V/C Rasio	LOS
Jl. Batas Ungaran – Bawen 2	8,888	6,518	0,73	C
Jl. Batas Ungaran – Bawen 3	8,888	6,219	0,70	C
Jl. Karangjati - Klepu	3,960	2,830	0,71	C
Jl. Klepu – Kemasan	3,960	2,797	0,71	C

Table 23. Kinerja Simpang Tahun Evaluasi 2030 Dengan Pembangunan (*Do - Something*)

Pendekat	Arus Lalu Lintas (SMP/Jam)	Kapasitas (SMP/Jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan Simpang Rata – Rata (det/SMP)	Tingkat Pelayanan
U	2327,28	2242,62	1,04	146,01	138,70	F
T	1260,26	699,47	1,80	489,99		
S	2214,73	2198,19	1,01	135,58		

Dari hasil perhitungan menunjukkan upaya mitigasi yang dilakukan masih berjalan efektif ditunjukkan dengan waktu tundaan yang tidak mengalami peningkatan signifikan dibandingkan kondisi tahun operasional sehingga adanya peningkatan pada tahun evaluasi masih dapat dikendalikan oleh upaya mitigasi yang telah dilakukan.

KESIMPULAN

Sebelum adanya pembangunan pada kondisi saat ini tahun 2023 hingga tahun evaluasi 2030 berdasarkan hasil analisis kinerja jalan di sekitar lokasi pembangunan menunjukkan

tingkat pelayanan rata-rata “C”, yang artinya arus lalu lintas masih stabil tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan dibatasi oleh volume lalu lintas yang tinggi, dan kepadatan lalu lintas sedang karena hambatan samping disekitar ruas jalan meningkat. Sedangkan pada simpang 3 (tiga) Karangjati tingkat pelayanan sebelum adanya pembangunan berturut-turut semakin buruk ditunjukkan dengan nilai waktu tundaan kondisi saat ini sebesar 245,46 detik, saat tahun operasi selama 298,08 detik, dan saat tahun evaluasi selama 437,77 detik. Panjang antrian pada kaki simpang timur menunjukkan kondisi paling buruk dibandingkan kaki simpang lainnya.

Dengan beroperasinya *exit* tol membawa dampak bangkitan dan tarikan perjalanan baru, dari hasil analisa saat *exit* tol beroperasi tahun 2025 akan menimbulkan bangkitan perjalanan sebesar 437 SMP/Jam, sedangkan tarikan perjalanan sebesar 468 SMP/Jam. Dan saat tahun evaluasi 2030 setelah beroperasi selama 5 (lima) tahun akan membangkitkan perjalanan sebesar 457 SMP/Jam dan menarik perjalanan sebesar 468 SMP/jam. Permasalahan yang timbul dengan adanya perjalanan baru tersebut menjadikan beban lalu lintas meningkat bagi ruas jalan disekitar lokasi operasi *exit* tol dan akan menimbulkan konflik lalu lintas baru pada Jalan Karangjati – Klepu khususnya sehingga terjadi antrian dan tundaan kendaraan.

SARAN

Beberapa saran yang dapat disampaikan berdasarkan hasil penelitian adalah:

1. Dengan adanya rencana pembangunan dilakukan perincian tanggung jawab yang diberikan kepada pemerintah pusat atau pemerintah daerah dan pengembang atau pembangun dalam penanganan dampak lalu lintas.
2. Dibentuk rencana pemantauan dan evaluasi terhadap dampak lalu lintas yang timbul dengan adanya pembangunan.
3. Perlunya koordinasi ketika pembangunan *Exit* Tol Pringapus terlaksana dengan instansi terkait dalam hal penerapan dan tindakan penanganan dampak lalu lintas pembangunan *Exit* Tol Pringapus. Sebagai contoh kepada dinas DPUPR apabila melaksanakan perbaikan jalan yang rusak akibat proses pembangunan, dan kepada Kepolisian untuk mengatur sirkulasi kendaraan serta pengamanan kendaraan barang yang melintas agar lalu lintas tidak terganggu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktur Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD, dosen pembimbing, dosen penguji, keluarga, dan semua pihak yang telah terlibat dan memberikan bantuan dalam proses penyusunan.

REFERENSI

- Awamirillah, Aova, and Muhammad Zudhy Irawan. 2024. “Pengaruh Rencana Operasi Exit Tol Purwomartani Ruas Solo-Jogja Terhadap Kinerja Jaringan Di Sekitarnya.” *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat* 14:13–23.
- Azis, Rudi, and Asrul. 2014. *Pengantar Sistem Dan Perencanaan Transportasi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Darmadi. 2019. “Analisis Dampak Lalaulintas On-Off Ramp Jatikarya Terhadap.” 1–11.

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. "Manual Perkerasan Jalan, Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga', Pp. 1–235." *Journal of Materials Processing Technology* 1(1):1–8.
- Mulyono, Tri. 2023. *Pengantar Transportasi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Nurhayati, Siti, Paminto Agung Christianto, Zahro Zahro, and Choliq Sabana. 2020. "Dampak Sosial Ekonomi Pembangunan Jalan Dan Exit Tol Di Wilayah Kota Pekalongan." *Jurnal Litbang Kota Pekalongan* 18(1):1–8. doi: 10.54911/litbang.v18i0.113.
- Ofyar Z. Tamin. 2000. *Perencanaan & Pemodelan*.
- Prasetyo, Feri. 2016. "Kewenangan Dalam Penerapan Analisis Dampak Lalu Lintas (ANDALALIN)." *JKMP (Jurnal Kebijakan Dan Manajemen Publik)* 4(2):57–74. doi: <https://doi.org/10.21070/jkmp.v4i2.698>.
- Pratama, Ardhian Setya, Tonny Hermawanto, and Rahayu Isnin Astuti. 2022. "Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal Pada Persimpangan Jalan Tanjung - Jalan Aryo Blitar - Jalan Bengawan Solo." *Journal of Science Nusantara* 2(4):156–67. doi: 10.28926/jsnu.v2i4.609.
- Priyambodo, Priyambodo. 2018. "Analisis Korelasi Jumlah Kendaraan Dan Pengaruhnya Terhadap PDRB Di Provinsi Jawa Timur." *Warta Penelitian Perhubungan* 30(1):59. doi: 10.25104/warlit.v30i1.634.
- Raharjo, Susilo. 2024. "Implikasi Kebijakan Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru – Dumai Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Kecamatan Bukit Kapur Kota Dumai." 4:2162–73.
- Sebayang, N. 2022. "Kajian Pengaruh Arus Lalu Lintas Exit Tol Sawojajar." *Student Journal Gelagar* 4(2):58–71.
- Wahab, Wahyuni, Leo Sentosa, and Mardani Sebayang. 2015. "Analisis Nilai Pertumbuhan Lalu Lintas Dan Perkiraan Volume Lalu Lintas Dimasa Mendatang Berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata." *Jom Fteknik* 2(1):1–12.