

OPTIMASI PENGATURAN SIMPANG KASDA JALAN SOEKARNO HATTA – JALAN VETERAN KOTA PAYAKUMBUH

Zuly Nelriska Wati¹, Yosritzal², Purnawan³

¹Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik - Universitas Andalas, Indonesia
email: zucynelriskawati@gmail.com

¹Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik - Universitas Andalas, Indonesia
email: yosritzal@eng.unand.ac.id

¹Prodi Teknik Sipil - Fakultas Teknik - Universitas Andalas, Indonesia
email: purnawan@eng.unand.ac.id

*Corresponding author: yosritzal@eng.unand.ac.id

Received: 25-07-2025 Revised: 16-09-2025 Accepted: 02-03-2026

Abstract

Kasda Intersection at Soekarno Hatta – Veteran Street, Payakumbuh City, is a traffic congestion point due to high traffic volume and suboptimal signal control. This study aims to evaluate the current intersection performance, simulate scenarios using PTV VISSIM 2024, and identify the best alternative to improve traffic efficiency. Field surveys were conducted to collect data on geometry, traffic volume, vehicle speed, signal cycles, and side friction. Model calibration and validation used the GEH method. Four signal control alternatives were simulated by adjusting green time, signal phases, and geometry. Performance was evaluated based on degree of saturation, queue length, delay, number of stops, and Level of Service (LOS). Results show that the fourth alternative significantly improved performance, with LOS improving from C-D to A-B and reductions in delay and queues. PTV VISSIM simulation proved effective for designing realistic traffic solutions.

Keywords: *Signalized intersection, PTV VISSIM, traffic optimization, delay, level of service*

Abstrak

Simpang Kasda di Jalan Soekarno Hatta – Jalan Veteran, Kota Payakumbuh merupakan salah satu titik kemacetan akibat tingginya volume lalu lintas dan pengaturan sinyal yang kurang optimal. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja eksisting simpang, melakukan simulasi menggunakan PTV VISSIM 2024, dan menentukan alternatif terbaik untuk meningkatkan efisiensi lalu lintas. Survei lapangan dilakukan untuk mengumpulkan data geometrik, volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, siklus lampu, dan hambatan samping. Kalibrasi dan validasi model dilakukan menggunakan metode GEH. Empat alternatif pengaturan diuji melalui simulasi dengan perubahan durasi lampu hijau, fase sinyal, dan rekayasa geometrik. Evaluasi didasarkan pada derajat kejenuhan, panjang antrian, tundaan, jumlah kendaraan berhenti, dan Level of Service (LOS). Hasil menunjukkan bahwa alternatif keempat memberikan peningkatan signifikan dengan LOS meningkat dari C-D menjadi A-B, serta penurunan tundaan dan antrian. Simulasi PTV VISSIM terbukti efektif untuk merancang solusi lalu lintas secara realistis.

Kata Kunci: *Simpang bersinyal, PTV VISSIM, optimasi lalu lintas, tundaan, tingkat pelayanan*

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan elemen vital dalam mendukung mobilitas manusia dan distribusi barang di wilayah perkotaan. Seiring meningkatnya jumlah kendaraan dan kompleksitas jaringan jalan, berbagai permasalahan lalu lintas mulai muncul, seperti kemacetan, kecelakaan, polusi udara, dan penurunan tingkat pelayanan jalan. Di Indonesia, kondisi ini banyak ditemui pada kawasan perkotaan yang pertumbuhan kendaraan tidak diimbangi oleh perkembangan infrastruktur yang memadai. Kota Payakumbuh sebagai salah satu kota berkembang di Provinsi Sumatera Barat turut menghadapi permasalahan tersebut, terutama di titik-titik simpang dengan arus lalu lintas tinggi.

Salah satu simpang yang menjadi perhatian adalah Simpang Kasda, yang terletak di pertemuan Jalan Soekarno Hatta dengan Jalan Veteran. Simpang ini merupakan salah satu simpang bersinyal utama yang menghubungkan pusat kota dengan kawasan pemukiman dan perdagangan. Letaknya yang strategis membuat simpang ini mengalami beban lalu lintas yang tinggi, terutama pada jam sibuk pagi dan sore hari. Selain faktor volume kendaraan, permasalahan di simpang ini juga diperparah oleh aktivitas parkir di badan jalan, keberadaan pedagang kaki lima, serta kendaraan umum yang berhenti sembarangan. Akibatnya, arus lalu lintas menjadi tidak lancar, terjadi antrian panjang, dan meningkatkan waktu tundaan bagi pengguna jalan.

Observasi lapangan menunjukkan bahwa permasalahan di Simpang Kasda tidak hanya disebabkan oleh pengaturan sinyal lalu lintas yang belum optimal, namun juga oleh pengaruh faktor eksternal seperti kurangnya pengawasan terhadap aktivitas samping jalan. Kondisi ini menimbulkan ketidakseimbangan aliran kendaraan dari berbagai pendekat simpang, sehingga mengganggu efisiensi pergerakan lalu lintas. Ketidakefisienan ini dapat berdampak pada kerugian ekonomi, pemborosan bahan bakar, serta penurunan kualitas lingkungan hidup akibat peningkatan emisi kendaraan.

Beberapa pendekatan teknis dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satunya adalah melalui optimasi pengaturan simpang dengan memanfaatkan teknologi simulasi lalu lintas. Simulasi mikroskopis menggunakan perangkat lunak seperti *PTV VISSIM* memungkinkan analisis yang lebih detail terhadap perilaku kendaraan di simpang, termasuk pengaruh perubahan durasi sinyal,

fase, serta geometri jalan terhadap kinerja lalu lintas. Dengan pendekatan ini, perencanaan lalu lintas dapat dilakukan secara realistis berdasarkan kondisi aktual di lapangan.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan simulasi mikroskopis sangat efektif dalam mengevaluasi dan merancang sistem pengaturan lalu lintas. Misalnya, studi oleh Waris (2022) menyatakan bahwa evaluasi kinerja simpang melalui pendekatan simulasi mampu mengidentifikasi titik-titik kemacetan dan memberikan skenario perbaikan yang lebih terarah. Penelitian oleh Natsir (2018) juga menekankan pentingnya pengendalian terhadap hambatan samping sebagai faktor non-struktural yang signifikan memengaruhi kinerja simpang bersinyal. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan terintegrasi antara optimasi sinyal dan pengelolaan lingkungan sekitar simpang menjadi kunci keberhasilan dalam meningkatkan efisiensi lalu lintas.

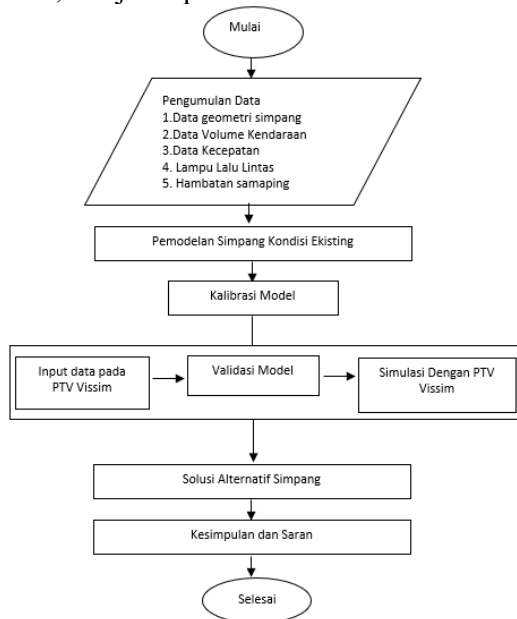
Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja eksisting Simpang Kasda dan merancang beberapa alternatif solusi pengaturan lalu lintas yang diujicobakan melalui simulasi *PTV VISSIM*. Simulasi dilakukan berdasarkan data primer yang diperoleh melalui survei lapangan, meliputi data geometrik simpang, volume kendaraan, kecepatan, siklus lampu lalu lintas, serta hambatan samping. Model simulasi kemudian dikalibrasi dan divalidasi menggunakan metode *GEH (Geoffrey E. Havers)* untuk memastikan akurasi antara hasil simulasi dengan kondisi nyata.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif berbasis simulasi mikroskopis untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan kinerja lalu lintas pada Simpang Kasda, Kota Payakumbuh. Proses penelitian dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan utama, dimulai dari pengumpulan data, pemodelan sistem eksisting, kalibrasi dan validasi, hingga simulasi alternatif solusi menggunakan perangkat lunak *PTV VISSIM 2024*.

Penelitian yang akan dilakukan adalah dengan cara pengamatan masalah-masalah yang ada di lapangan kemudian memperoleh data-data yang akan disusun, dijelaskan dan dianalisis. Bagan alir bertujuan untuk sebagai

tahapan pengerjaan pada penelitian secara umum, disajikan pada Gambar 1.



Tahapan utama penelitian diawali dengan survei lapangan untuk memperoleh data primer, meliputi data geometrik simpang (jumlah lajur, lebar jalan, jenis pendekatan), volume lalu lintas pada jam puncak (pagi, siang, sore), kecepatan kendaraan, siklus lampu lalu lintas, serta hambatan samping yang terjadi akibat aktivitas parkir liar maupun pedagang kaki lima. Data ini kemudian digunakan sebagai input dalam pemodelan dan simulasi lalu lintas menggunakan *PTV VISSIM* versi 2024.

Setelah data diperoleh, tahap selanjutnya adalah membangun model simulasi berdasarkan kondisi eksisting simpang. Model ini kemudian dikalibrasi dengan menyesuaikan parameter perilaku mengemudi (*driving behavior*) dalam *VISSIM* agar hasil simulasi mencerminkan kondisi aktual di lapangan. Parameter kalibrasi seperti *average standstill distance*, *safety distance*, dan *minimum headway* disesuaikan melalui pendekatan *trial and error*.

Validasi model dilakukan menggunakan metode *Geoffrey E. Havers* (GEH) untuk mengukur kesesuaian antara data simulasi dan hasil pengamatan lapangan. Nilai GEH yang dihasilkan kemudian diinterpretasikan dengan standar validitas model, di mana nilai $GEH < 5$ menunjukkan model valid, sementara nilai di atas 10 menunjukkan bahwa simulasi tidak dapat merepresentasikan kondisi nyata.

Evaluasi kinerja simpang dilakukan berdasarkan parameter-parameter lalu lintas penting seperti derajat kejenuhan (*degree of saturation*), panjang antrian rata-rata dan

maksimum, tundaan kendaraan, jumlah kendaraan yang berhenti, serta tingkat pelayanan (*Level of Service/LOS*) sesuai dengan kriteria PKJI 2023 dan Permenhub No. 96 Tahun 2015.

Hasil dari simulasi ini menjadi dasar untuk menentukan alternatif terbaik yang mampu memberikan peningkatan signifikan terhadap kinerja simpang. Pendekatan ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mempertimbangkan dampak operasional dan implementatif di lapangan. Dengan demikian, metodologi yang digunakan dalam penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran kuantitatif yang akurat, tetapi juga dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan manajemen lalu lintas oleh pihak terkait.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal dalam proses simulasi lalu lintas pada Simpang Kasda adalah melakukan kalibrasi dan validasi model *PTV VISSIM* agar dapat merepresentasikan kondisi riil secara akurat. Kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan parameter perilaku mengemudi seperti *standstill distance*, *headway*, *safety distance*, dan *lateral positioning* melalui metode *trial and error*, hingga simulasi menghasilkan perilaku kendaraan yang mendekati kondisi di lapangan.

Validasi dilakukan dengan menggunakan metode *Geoffrey E. Havers* (GEH), yang membandingkan data volume kendaraan hasil simulasi dengan hasil observasi di lapangan. Nilai GEH di bawah 5 menunjukkan kesesuaian model yang baik. Tabel 1 menunjukkan parameter kalibrasi dan Tabel 2 berikut menunjukkan hasil validasi model.

Tabel 1. Parameter Kalibrasi *Driving Behavior*

Parameter Kalibrasi	Default	Kalibrasi
Average Standstill Distance	2 m	0,5
Car Following Model		
Add. Part of Desired Safety Distance	2 m	0,5
Mul.Part off Desired Safety Distance	3 m	1
Lane Change		
General Behavior	Slow lane rule	Free lane
Minimum Headway	0,5	0,5

Parameter Kalibrasi	Default	Kalibrasi
Safety Distance Redyction factor	0,6	0,5
Desired position at free flow	Middle of lane	Any
Lateral Distance Driving	1 m	0,5
Lateral Distance Standing	1 m	0,5

Tabel 2. Validasi Volume Model

Area	Volume Pendekat	Pergerakan	Observasi (Kend/Jam)	Validasi (Volume)		GEH	Status
				Observasi (Kend/10 Mnt)	Simulasi		
Simpang Kasda	A (dari Koto Nan Empat)	Pusat Kota	2144	358	340	0,96	Diterima
		Veteran	272	46	26	3,33	Diterima
	B (Veteran)	Pusat Kota	65	11	9	0,63	Diterima
		Koto Nan Empat	402	67	56	1,40	Diterima
	C (Dari Pusat Kota)	Veteran	713	119	77	3,57	Diterima
		Koto Nan Empat	1879	314	270	2,57	Diterima

Simpang Kasda di Kota Payakumbuh menunjukkan permasalahan kinerja lalu lintas yang cukup kompleks, khususnya pada jam-jam sibuk. Berdasarkan simulasi eksisting menggunakan *PTV VISSIM*, simpang ini memiliki tingkat pelayanan (LOS) C hingga D, dengan tundaan rata-rata mencapai 32,48 detik/kendaraan dan panjang antrian sebesar 31,437 meter. Rincian kondisi eksisting dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Simulasi Simping Untuk Kondisi Eksisting

PERPINDAHAN	Panjang Antrian (Meter)	Panjang Antrian (Max) (Meter)	Tundaan (Meter)
Koto Nan Empat - Pusat Kota	25,99	75,261	27,03
Koto Nan Empat – Veteran	25,99	75,261	22,61
Pusat Kota – Veteran	57,21	115,06	63,31
Veteran - Pusat Kota	11,10	48,93	23,66
Veteran - Koto Nan Empat	11,10	48,93	30,87

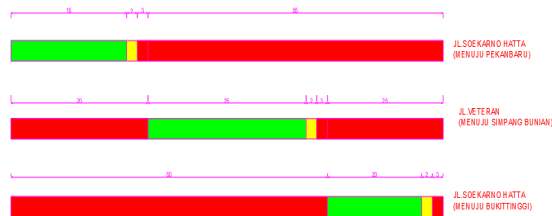
Tabel 3 menjelaskan bahwa berdasarkan hasil simulasi kondisi eksisting didapatkan bahwa kondisi kinerja Simping Kasda masih dikatakan stabil saat ini. Pada kondisi ini simpang masih dapat ditolerir. Kondisi ini diakibatkan ada hambatan samping yang tinggi di ruas jalan simpang kasda, hampatan samping ini disebabkan karena adanya parker kendaraan yang mengurangi lebar jalan yang bisa dilalui dan adanya pedagang kaki lima yang berjualan pada saat sore hari. Dari permasalahan ini

diperlukan solusi alternatif guna meningkatkan tingkat pelayanan pada Simping Kasda.

Alternatif Solusi Persimpangan

Alternatif 1

Alternatif I adalah mengatur atau mengurangi waktu siklus dan merubah fase, dipilih karena paling mudah dikerjakan dan hemat biaya. Setelah dilakukan analisis dengan mencoba mengatur beberapa waktu siklus dan dipilih waktu siklus menjadi 75 detik karena mempunyai derajat kejenuhan yang paling baik diantara waktu siklus yang lain. Dalam alternatif I ini direncanakan waktu hijau pendekat A 25 detik, pendekat B 15 detik, dan pendekat C 20 detik disajikan Pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Fase Sinyal Alternatif 1

Dari hasil running pada PTV VISSIM didapatkan Node Result yang disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Tingkat Pelayanan Simping Kasda dengan Alternatif 1

PERPINDAHAN	Panjang Antrian (Meter)	Panjang Antrian (Max) (Meter)	Tundaan (Meter)	Level Of Service
Koto Nan Empat - Pusat Kota	26,82	72,21	29,41	LOS C
Koto Nan Empat – Veteran	26,82	72,21	28,94	LOS C
Pusat Kota – Veteran	33,33	84,93	41,15	LOS D
Veteran - Pusat Kota	11,10	39,12	23,41	LOS C
Veteran - Koto Nan Empat	11,10	39,12	26,00	LOS C

Tabel 4 menjelaskan bahwa berdasarkan hasil simulasi kondisi alternatif 1 dengan mengatur atau mengurangi waktu siklus dan merubah fase didapatkan bahwa kondisi kinerja Simping Kasda mengalami perubahan dengan kondisi layan berada pada tingkat C Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas, pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan.

Alternatif 2

Pada alternatif 2 ini dilakukan dengan menghilangkan parkir on street yang berada pada bagian sisi jalan Pendekat A dan Pendekat C. Pada alternatif 2 ini menggunakan volume eksisting dan durasi sinyal eksisting data tersebut dimasukkan ke Vissim dengan

menggunakan volume kendaraan yang sama dengan kondisi eksisting. Dari hasil running pada PTV VISSIM didapatkan Node Result yang disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Simulasi Simpang Alternatif 2

PERPINDAHAN	Panjang Antrian (Meter)	Panjang Antrian (Max) (Meter)	Tundaan (Meter)	Level Of Service
Koto Nan Empat - Pusat Kota	15,37	50,34	18,29	LOS B
Koto Nan Empat - Veteran	0	0	1,58	LOS A
Pusat Kota - Veteran	15,49	39,65	29,56	LOS C
Veteran - Pusat Kota	11,10	48,93	23,68	LOS C
Veteran - Koto Nan Empat	11,10	48,93	30,80	LOS C

Berdasarkan **Tabel 5** menjelaskan bahwa berdasarkan hasil simulasi kondisi alternatif 2 dengan menghilangkan parker on street didapatkan bahwa kondisi kinerja Simpang Kasda mengalami perubahan dengan kondisi layan berada pada tingkat B Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas, pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan

Alternatif 3

Pada alternatif 3 ini dilakukan dengan menghilangkan parkir on street yang berada pada bagian sisi jalan Pendekat A dan Pendekat C, melarang kendaraan dari arah veteran menuju pusat kota agar antrian kendaraan pada jalan veteran berkurang dan aturan jam untuk mobil barang dilarang melewati simpang kasda pada saat jam sibuk. Pada alternatif 3 ini menggunakan volume eksisting dan durasi sinyal eksisting data tersebut dimasukkan ke Vissim dengan menggunakan volume kendaraan yang sama dengan kondisi eksisting. Dari hasil running pada PTV VISSIM didapatkan Node Result yang disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Tingkat Pelayanan Simpang Kasda dengan Alternatif 3

PERPINDAHAN	Panjang Antrian (Meter)	Panjang Antrian (Max) (Meter)	Tundaan (Meter)	Level Of Service
Koto Nan Empat - Pusat Kota	16,22	55,761	17,781	LOS B
Koto Nan Empat - Veteran	0	0	1,146	LOS A
Pusat Kota - Veteran	10,092	40,830	20,220	LOS C
Veteran - Koto Nan Empat	6,882	36,261	20,317	LOS C

Alternatif 4

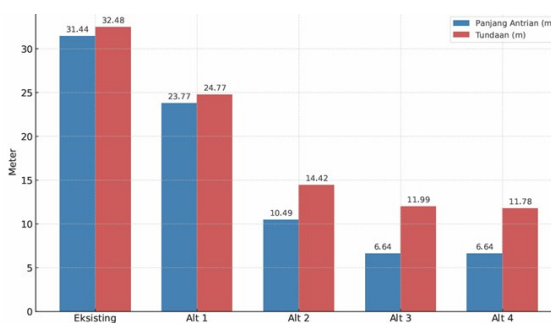
Pada alternatif 4 ini dilakukan sama dengan alternatif 3 dengan tambahan pelebaran jalan pada jalan veteran penambahan lebar jalan ini 1 m kiri kanan jalan. Pada alternatif 4 ini menggunakan volume eksisting dan durasi sinyal eksisting data tersebut dimasukkan ke

Vissim dengan menggunakan volume kendaraan yang sama dengan kondisi eksisting. Dari hasil running pada PTV VISSIM didapatkan Node Result yang disajikan pada **Tabel 4.7**.

Tabel 7. Tingkat Pelayanan Simpang Kasda dengan Alternatif 3

PERPINDAHAN	Panjang Antrian (Meter)	Panjang Antrian (Max) (Meter)	Tundaan (Meter)	Level Of Service
Koto Nan Empat - Pusat Kota	16,22	55,761	17,781	LOS B
Koto Nan Empat - Veteran	0	0	1,283	LOS A
Pusat Kota - Veteran	8,658	31,036	17,226	LOS B
Veteran - Koto Nan Empat	5,982	34,136	17,781	LOS B

Alternatif 3 dan 4 menunjukkan performa terbaik, dengan panjang antrian turun drastis menjadi 6,641 meter, setara dengan penurunan 78,88%. Tundaan juga menurun secara signifikan, menjadi 11,993 meter dan 11,783 meter, masing-masing setara dengan penurunan 63,07% dan 63,72%. Kedua alternatif ini mencapai LOS B, yang menunjukkan bahwa pergerakan lalu lintas berada pada kondisi yang nyaman dan efisien. Berdasarkan **Gambar 2** dibawah ini memperlihatkan perbandingan kinerja Simpang Kasda pada kondisi eksisting dengan beberapa alternatif skenario perbaikan.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Tundaan dan Antrian Simpang Kasda Kondisi Eksisting dengan Kondisi Alternatif 1 , Alternatif 2, Alternatif 3 dan Alternatif 4

Secara keseluruhan, Alternatif 3 dan Alternatif 4 menunjukkan kinerja simpang terbaik dibandingkan kondisi eksisting maupun alternatif lainnya, baik dari segi panjang antrian, tundaan, maupun tingkat pelayanan. Hal ini mengindikasikan bahwa penerapan salah satu dari kedua alternatif tersebut berpotensi meningkatkan efisiensi operasional simpang Kasda secara signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dijelaskan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kinerja hasil simulasi Simpang Kasda pada kondisi eksisting memiliki tingkat pelayanan C dengan rata-rata panjang antrian sepanjang 31,437 meter dan waktu tundaan rata-rata simpang yaitu 32,48 .
 2. Setelah dilakukan optimasi, kinerja Simpang Kasda menunjukkan peningkatan yang signifikan. Panjang antrian rata-rata, panjang antrian maksimum, dan tundaan mengalami penurunan pada semua alternatif dibandingkan kondisi eksisting. Selain itu, tingkat pelayanan yang semula berada pada LOS C meningkat menjadi LOS B pada Alternatif 2, 3, dan 4, yang menunjukkan bahwa optimasi berhasil memperbaiki kelancaran lalu lintas di simpang tersebut. Secara keseluruhan, Alternatif 3 dan Alternatif 4 menunjukkan kinerja simpang terbaik dibandingkan kondisi eksisting maupun alternatif lainnya, baik dari segi panjang antrian, tundaan, maupun tingkat pelayanan. Hal ini mengindikasikan bahwa penerapan salah satu dari kedua alternatif tersebut berpotensi meningkatkan efisiensi operasional simpang Kasda secara signifikan.
 3. Rekomendasi untuk optimasi Simpang Kasda alternatif 4 menjadi pilihan yang paling efektif dengan kombinasi penghilangan parkir on-street, pembatasan truk pada jam sibuk, dan pelebaran jalan di Jalan Veteran. Langkah-langkah ini diyakini mampu meningkatkan kelancaran lalu lintas serta menjaga tingkat layanan pada level yang dapat diterima (LOS_B).Meskipun demikian, pelaksanaan alternatif ini harus mempertimbangkan aspek biaya tambahan, khususnya untuk pembebasan lahan terkait pelebaran jalan. Oleh karena itu, perencanaan yang matang dan alokasi anggaran yang memadai perlu dilakukan agar solusi ini dapat terlaksana secara optimal dan memberikan dampak positif jangka panjang bagi mobilitas di kawasan Simpang Kasda
- (Studi Kasus: Jl. Sam Ratulangi – Jl. Babe Palar, Kota Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 9(5), 415–424.
- Morlok, E., K. 1991 *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Erlangga.
- Morlok, E.K., Hainim, J.k., 1985. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Erlangga
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2015). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 40 Tahun 2015 tentang Standar Pelayanan Penyelenggaraan Terminal Penumpang Angkutan Jalan. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Mulizar, A. (2015). Optimasi Offset Sinyal Simpang Bersinyal Pada ATCS (Area Traffic Control System). *Seminar Nasional Teknologi 2015*, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Natsir, R. (2018). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Di Kota Palopo. PENA TEKNIK: *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 1(1), 95. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v1i1.49
- PTV Planung Transport Verkehr AG. 2011. *VISSIM 5.30-05 User Manual*. Karlsruhe Germany: Planung Transport Verkehr PTV AG.
- Putra, F. A. (2024). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal menggunakan Software PTV Vissim Student Version 8.0 (Studi Kasus Simpang Tiga, Pondok Pucung). Skripsi, Universitas PembangunanJaya.<https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/9024/>.
- Zainal E.2017. Evaluasi Dan Desain Ulang Pengendalian Simpang Kasda Jalan Soekarno Hatta Dan Jalan Veteran Kota Payakumbuh Untuk Antisipasi Volume Lalu Lintas Di Tahun 2022. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Program Studi Teknik Sipil. Sekola Tinggi Teknologi Payakumbuh: Payakumbuh

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Eveline, E., Rares, M., & Paulus, A. (2021). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI dan PTV VISSIM