

REKAYASA SIMPANG EMPAT TAK BERSINYAL JL. RAYA SINGAPADU – JL. PALGUNA – JL. PASAR NEGARI, KABUPATEN GIANYAR
I Kadek Arya Budiman¹, Anak Agung Gede Sumanjaya², Putu Aryastana^{3*}

¹*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Jl. Terompong No. 24, Bali
e-mail: kadekaryabudiman@gmail.com*

²*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Jl. Terompong No. 24, Bali
e-mail: agung.suman31@warmadewa.ac.id*

³*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Jl. Terompong No.24, Bali
e-mail: aryastanaputu@warmadewa.ac.id*

ABSTRAK

Permasalahan lalu lintas pada simpang tak bersinyal semakin meningkat seiring bertambahnya volume kendaraan, terutama di kawasan perdagangan dan pariwisata. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang empat tak bersinyal di Jl. Raya Singapadu – Jl. Palguna – Jl. Pasar Negari, Gianyar, Bali, berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dengan parameter derajat kejenuhan (DJ), tundaan rata-rata, dan peluang antrian. Hasil menunjukkan bahwa kondisi eksisting simpang memiliki $DJ = 0,87$ dan tundaan 14,94 detik/SMP, sehingga kinerjanya tergolong kurang baik. Tiga alternatif solusi diuji, yaitu pelebaran pendekat simpang, pembatasan belok kendaraan tertentu, dan kombinasi keduanya. Alternatif kombinasi memberikan hasil terbaik dengan $DJ = 0,73$ dan tundaan 12,60 detik/SMP, menunjukkan peningkatan efisiensi dan kelancaran arus lalu lintas. Penelitian ini menegaskan bahwa intervensi geometrik dan pengaturan pergerakan kendaraan efektif dalam meningkatkan kinerja simpang tak bersinyal di kawasan padat aktivitas.

Kata kunci: simpang tak bersinyal, derajat kejenuhan, tundaan, manajemen lalu lintas, PKJI 2023

1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan salah satu elemen penting dalam mendukung aktivitas manusia, baik dalam hal mobilitas penduduk, distribusi barang, maupun penggerak utama pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Infrastruktur transportasi yang baik akan meningkatkan efisiensi waktu dan biaya perjalanan, serta memperkuat koneksi antarwilayah. Sebaliknya, sistem transportasi yang tidak terkelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai permasalahan seperti kemacetan, kecelakaan, peningkatan konsumsi bahan bakar, hingga menurunnya produktivitas masyarakat (Mukti, 2024). Seiring pertumbuhan jumlah kendaraan dan peningkatan aktivitas ekonomi, permasalahan kemacetan lalu lintas menjadi isu yang semakin kompleks di kawasan perkotaan maupun daerah wisata.

Salah satu titik kritis dalam sistem jaringan jalan adalah simpang, yaitu tempat bertemunya dua atau lebih ruas jalan yang memungkinkan terjadinya perubahan arah pergerakan kendaraan. Simpang memiliki peran penting dalam mengatur kelancaran dan keselamatan arus lalu lintas. Berdasarkan sistem pengendaliannya, simpang dapat dibedakan menjadi dua, yaitu simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal. Simpang bersinyal menggunakan lampu lalu lintas untuk mengatur prioritas pergerakan kendaraan, sedangkan simpang tak bersinyal tidak dilengkapi alat pengendali, sehingga pengemudi harus menentukan sendiri kapan dapat melaju atau memberi prioritas. Kondisi ini menjadikan simpang tak bersinyal sangat bergantung pada perilaku pengemudi dan kondisi arus lalu lintas di lapangan (Mahendra, 2025).

Kinerja simpang merupakan ukuran kemampuan simpang dalam melayani arus lalu lintas pada periode tertentu. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023), kinerja simpang dapat dinilai melalui parameter derajat kejenuhan (DJ), tundaan rata-rata (T), dan peluang antrian (Pa). Nilai DJ menunjukkan perbandingan antara volume lalu lintas aktual dengan kapasitas simpang, sedangkan tundaan dan peluang antrian menggambarkan tingkat pelayanan yang dirasakan oleh pengguna jalan. Semakin besar nilai DJ dan tundaan, semakin rendah tingkat pelayanan simpang tersebut (Rorong, 2015). Oleh karena itu, pengukuran kinerja simpang menjadi langkah penting untuk menilai efisiensi operasional dan menentukan kebutuhan intervensi perbaikan.

Simpang Jl. Raya Singapadu – Jl. Palguna – Jl. Pasar Negari di Kabupaten Gianyar, Bali, merupakan salah satu simpang empat tak bersinyal yang memiliki peranan strategis dalam menghubungkan kawasan permukiman, pusat perdagangan, dan jalur wisata menuju Ubud. Aktivitas ekonomi di sekitar simpang seperti pasar, pertokoan, serta restoran menimbulkan hambatan samping tinggi akibat parkir di tepi jalan, kendaraan bongkar muat, dan pejalan kaki yang menyeberang tanpa fasilitas penyeberangan. Selain itu, peningkatan volume kendaraan pada jam-jam puncak pagi (06.00–09.00 WITA), siang (11.00–14.00 WITA), dan sore (15.00–18.00 WITA) menyebabkan kapasitas simpang mendekati titik jenuh. Hal ini berdampak pada meningkatnya tundaan, panjang antrian kendaraan, serta penurunan tingkat kenyamanan pengguna jalan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja simpang empat tak bersinyal pada Jl. Raya Singapadu – Jl. Palguna – Jl. Pasar Negari menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Analisis difokuskan pada penentuan nilai derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian berdasarkan

kondisi geometrik, volume lalu lintas, serta tingkat hambatan samping. Hasil analisis akan digunakan untuk menilai tingkat pelayanan simpang dan merumuskan alternatif solusi perbaikan, seperti pelebaran pendekat atau pengaturan manuver kendaraan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan bagi pemerintah daerah dalam merancang kebijakan peningkatan kapasitas dan manajemen lalu lintas pada kawasan dengan aktivitas tinggi, khususnya di Kabupaten Gianyar

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Simpang

Simpang merupakan titik pertemuan dua atau lebih ruas jalan yang memungkinkan kendaraan berpindah arah. Keberadaan simpang sangat penting dalam jaringan jalan karena berfungsi mengatur distribusi arus lalu lintas dan mendukung konektivitas antarwilayah. Menurut Marlok (1991), simpang dibedakan menjadi simpang sebidang (at grade intersection) dan simpang tak sebidang (grade separated intersection). Simpang sebidang adalah pertemuan jalan yang berada pada elevasi sama, seperti simpang T, Y, atau X. Jenis ini paling banyak dijumpai di kawasan perkotaan. Sementara itu, simpang tak sebidang dibangun pada elevasi berbeda dengan menggunakan jembatan layang atau terowongan, sehingga arus kendaraan tidak saling berpotongan secara langsung. Meskipun memiliki efisiensi tinggi dan tingkat keselamatan yang lebih baik, simpang tak sebidang memerlukan biaya konstruksi yang besar dan ruang lahan yang luas.

2.2. Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal merupakan simpang yang tidak dilengkapi alat pengendali lalu lintas seperti lampu sinyal. Pengaturan arus pada simpang jenis ini bergantung pada perilaku pengemudi dan aturan prioritas, seperti mendahulukan kendaraan dari arah utama. Menurut Jaya & Gautama (2022), simpang tak bersinyal umumnya digunakan di wilayah dengan volume kendaraan sedang hingga rendah, di mana arus lalu lintas masih dapat diatur tanpa bantuan sinyal. Kelemahan utama simpang tak bersinyal adalah potensi terjadinya konflik lalu lintas ketika volume kendaraan meningkat, terutama pada jam-jam sibuk. Konflik tersebut terjadi akibat perpotongan arus lurus, arus membelok, dan arus pejalan kaki. Oleh karena itu, simpang tak bersinyal memerlukan evaluasi berkala untuk memastikan kinerjanya masih dalam batas pelayanan yang dapat diterima (PKJI, 2023).

2.3. Kapasitas Simpang

Kapasitas simpang adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat dilayani oleh suatu simpang dalam satu jam pada kondisi tertentu tanpa menimbulkan penurunan tingkat pelayanan. Berdasarkan *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia* (PKJI, 2023), kapasitas total simpang dihitung dengan memperhitungkan faktor koreksi terhadap kondisi ideal.

Rumus umum kapasitas simpang dinyatakan sebagai:

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BKi} \times F_{BKa} \times F_{rmi}$$

Keterangan:

- C_0 = kapasitas dasar simpang (SMP/jam)
- F_{LP} = faktor koreksi lebar pendekat rata-rata
- F_M = faktor koreksi median jalan mayor
- F_{UK} = faktor koreksi ukuran kota
- F_{HS} = faktor koreksi hambatan samping
- F_{BKi} , F_{BKa} , F_{rmi} = faktor koreksi rasio arus belok kiri, kanan, dan arus dari jalan minor

Nilai kapasitas dasar (C_0) ditetapkan secara empiris berdasarkan tipe simpang, jumlah lengan, jumlah lajur, serta karakteristik lalu lintas setempat. Kapasitas aktual dapat berbeda dari nilai dasar tergantung pada kondisi geometrik dan lingkungan di sekitar simpang.

2.4. Kinerja Simpang

Kinerja simpang adalah ukuran yang menunjukkan kemampuan simpang dalam melayani arus kendaraan dengan tingkat pelayanan tertentu. Parameter utama dalam penilaian kinerja simpang menurut PKJI (2023) meliputi:

1. Derajat Kejemuhan (DJ)

DJ adalah rasio antara volume kendaraan yang masuk simpang (Q) dengan kapasitas simpang (C), dinyatakan dalam rumus:

$$DJ = \frac{Q}{C}$$

Nilai $DJ \leq 0,85$ menunjukkan kinerja baik, sedangkan $DJ > 0,85$ menandakan kondisi jemuhan.

2. Tundaan (Delay, T)

Tundaan merupakan waktu rata-rata yang hilang karena perlambatan dan berhenti kendaraan di simpang. Tundaan

dibedakan menjadi *tundaan lalu lintas* (akibat interaksi antar kendaraan) dan *tundaan geometri* (akibat bentuk fisik simpang).

3. Peluang Antrian (Pa)

Peluang antrian menunjukkan kemungkinan kendaraan harus berhenti karena konflik arus di simpang. Nilai Pa dipengaruhi langsung oleh DJ; semakin besar DJ, semakin tinggi kemungkinan antrian.

Hasil analisis ketiga parameter ini digunakan untuk menentukan Level of Service (LOS) simpang, yaitu tingkat pelayanan yang dinilai dari A (sangat baik) hingga F (sangat buruk).

3. METODE

Penelitian ini dilakukan di Simpang Jl. Raya Singapadu – Jl. Palguna – Jl. Pasar Negari, Banjar Negari, Desa Singapadu Tengah, Kecamatan Sukawati, Kabupaten Gianyar, Bali. Data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan yang meliputi pengukuran geometrik simpang, pencatatan volume lalu lintas dengan aplikasi *Traffic Counter*, serta pengamatan hambatan samping seperti kendaraan parkir dan pejalan kaki. Data sekunder diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Gianyar dan sumber daring (*Google Maps*, *Google Earth*), mencakup peta lokasi, jaringan jalan, serta data jumlah penduduk untuk menentukan faktor koreksi ukuran kota (FUK). Analisis dilakukan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, dengan tahapan menghitung kapasitas dasar (C_0), menerapkan faktor-faktor koreksi (FLP, FM, FUK, FHS, FBKi, FBKa, Frmi), lalu menilai kinerja simpang berdasarkan derajat kejemuhan (DJ), tundaan rata-rata (T), dan peluang antrian (Pa). Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi kondisi eksisting dan menentukan alternatif peningkatan kinerja simpang, seperti pelebaran pendekat atau pembatasan manuver kendaraan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil dan Survei Geometrik Persimpangan

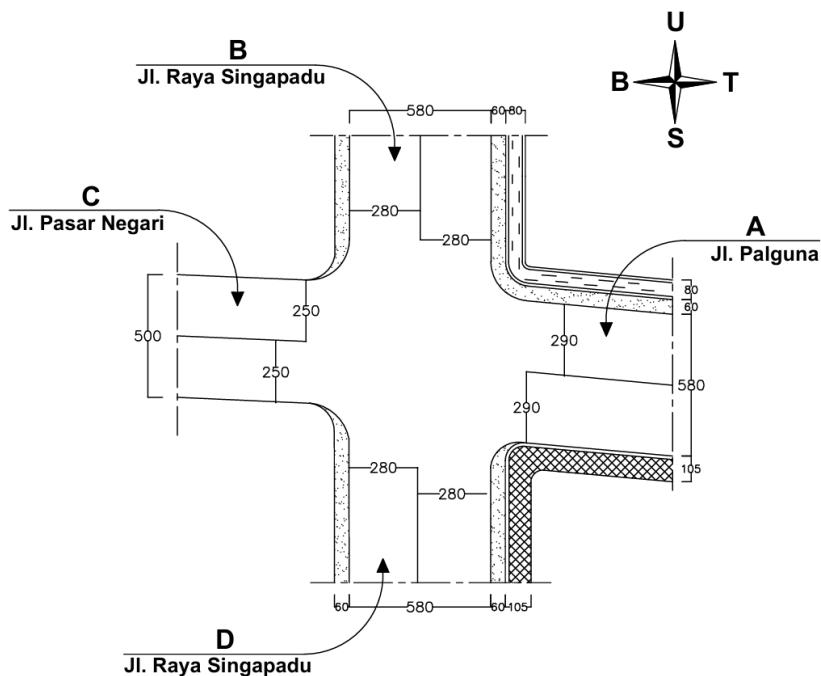
Survei geometrik dilakukan secara langsung di Simpang Jl. Raya Singapadu – Jl. Palguna – Jl. Pasar Negari pada tanggal 28 Maret 2025 pukul 01.00 WITA dengan tujuan agar arus lalu lintas tidak terganggu selama proses pengukuran. Pengukuran dilakukan menggunakan meteran untuk menentukan lebar lajur, lebar bahu jalan, dan trotoar, serta pencatatan hasil dilakukan secara manual. Berdasarkan hasil survei, diperoleh bahwa jumlah lajur total pada masing-masing lengan simpang, baik pada jalan utama (mayor) maupun jalan minor, telah memenuhi ketentuan PKJI (2023) yaitu terdiri atas dua lajur untuk setiap arah pendekat. Secara umum, jalan mayor (Jl. Raya Singapadu) memiliki kondisi geometrik lebih baik dibanding jalan minor (Jl. Palguna dan Jl. Pasar Negari), namun fasilitas trotoar dan bahu jalan masih terbatas. Kondisi geometrik simpang secara rinci disajikan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Geometrik Simpang Empat Jl. Raya Singapadu – Jl. Palguna – Jl. Pasar Negari

Nama Lengan Simpang	Lebar Lajur (m)	Jumlah Jalur	Lebar Masuk (m)	Lebar Keluar (m)	Lebar Trotoar (m)	Lebar Bahu Jalan Kiri (m)	Lebar Bahu Jalan Kanan (m)
Jl. Raya Singapadu (Utara)	5.8	2	2.9	2.9	-	0.60	0.60
Jl. Raya Singapadu (Selatan)	5.8	2	2.9	2.9	1.05	0.60	0.60
Jl. Palguna (Timur)	5.8	2	2.9	2.9	1.05	-	0.60
Jl. Pasar Negari (Barat)	5.0	2	2.5	2.5	-	-	-

Sumber: Hasil Survei Lapangan, 2025

Berdasarkan data pada tabel di atas, lebar lajur simpang berkisar antara 5,0 hingga 5,8 meter, dengan dua lajur pada masing-masing arah pendekat. Fasilitas trotoar hanya tersedia di sebagian ruas, dan bahu jalan rata-rata sempit dengan lebar antara 0,6–1,05 meter. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas geometrik simpang tergolong cukup memadai, namun masih berpotensi menimbulkan gangguan lalu lintas akibat keterbatasan ruang bagi pejalan kaki dan kendaraan parkir di tepi jalan.



Gambar 1. Surevi Geometrik Persimpangan

4.2. Analisis Data Survei Lalu Lintas

4.2.1. Analisis Volume Lalu Lintas

Survei volume lalu lintas dilakukan pada hari Senin, dengan periode jam puncak terjadi pada pukul 06.30–07.30 WITA. Data arus kendaraan diklasifikasikan berdasarkan jenis kendaraan, yaitu mobil penumpang (MP), kendaraan berat/bus sedang (KS), dan sepeda motor (SM). Seluruh volume kendaraan yang diperoleh dari survei diubah menjadi satuan mobil penumpang (SMP/jam) menggunakan nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) sesuai dengan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023). Karena volume lalu lintas total (Q_{total}) melebihi 1.000 kendaraan/jam, maka digunakan nilai EMP: MP = 1, KS = 1,8, SM = 0,2. Hasil konversi menunjukkan bahwa volume lalu lintas pada jam puncak mencapai 2.352,2 SMP/jam, dengan distribusi sebagai berikut: pendekat utara sebesar 779,4 SMP/jam, pendekat selatan 797,4 SMP/jam, pendekat timur 714,8 SMP/jam, dan pendekat barat 60,6 SMP/jam. Nilai ini menggambarkan bahwa arus lalu lintas didominasi oleh kendaraan dari arah utara dan selatan (Jl. Raya Singapadu) sebagai jalan utama, sedangkan arus dari arah barat (Jl. Pasar Negari) tergolong rendah. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa beban lalu lintas pada simpang telah cukup tinggi sehingga diperlukan evaluasi terhadap kapasitas dan tingkat pelayanannya.

Tabel 4.2 Analisis Volume Lalu Lintas Jam Puncak

Waktu	Jam	Kaki Simpang	Pergerakan	Arus Jam Puncak			Total	
				smp/jam				
				SM	MP	KS		
Pagi	06.30-07.30	Utara (Jl. Raya Singapadu)	LRS	115.2	273	39.6	2352.2	
			Bki	93.2	236	0		
			Bka	19.4	3	0		
		Selatan (Jl. Raya Singapadu)	LRS	107	275	34.2		
			Bki	18.6	3	0		
			Bka	110.6	249	0		
		Timur (Jl. Palguna)	LRS	22.8	2	0		
			Bki	93.6	238	23.4		
			Bka	78.8	249	7.2		
			LRS	16	1	0		
			Bki	24	0	0		

		Barat (Jl. Pasar Negari)	Bka	19.6	0	0	
--	--	--------------------------------	-----	------	---	---	--

4.2.2. Analisis Data Hambatan Samping

Hambatan samping merupakan faktor penting yang memengaruhi kapasitas dan kinerja simpang. Analisis dilakukan dengan mengacu pada nilai pembobotan hambatan samping berdasarkan PKJI (2023), yang mencakup empat jenis aktivitas utama di tepi jalan, yaitu pejalan kaki, kendaraan berhenti, kendaraan keluar/masuk lahan, dan kendaraan tidak bermotor. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, aktivitas parkir sementara, pejalan kaki yang menyeberang, serta kendaraan keluar-masuk toko di sekitar simpang tergolong tinggi, sehingga tingkat hambatan samping pada simpang ini dapat dikategorikan sebagai kelas tinggi (High Side Friction). Nilai pembobotan tiap jenis hambatan disajikan pada Tabel 4.3 berikut.

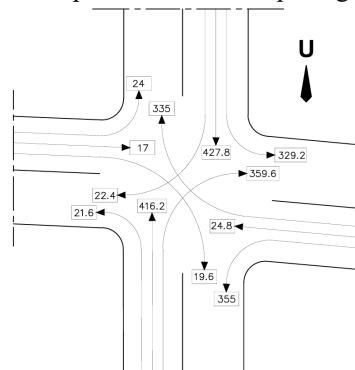
Tabel 4.3 Pembobotan Hambatan Samping (PKJI, 2023)

Waktu	Jam	Kaki Simpang	Hambatan Samping			
			EEV	PSV	PED	SMV
Pagi	06.30-07.30	Utara (Jl. Raya Singapadu)	35	21	11.5	6.8
		Selatan (Jl. Raya Singapadu)	36.4	8	4	5.6
		Timur (Jl. Palguna)	37.1	5	5.5	2.8
		Barat (Jl. Pasar Negari)	77.7	5	60	2
Total			186.2	39	81	17.2

Hasil analisis menunjukkan bahwa aktivitas Kendaraan keluar masuk lahan samping dan sisi jalan (EEV), pejalan kaki dan penyebrang (PED) merupakan penyumbang tertinggi hambatan samping di simpang ini. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap penurunan kapasitas dan peningkatan tundaan rata-rata kendaraan yang melintasi simpang, terutama pada jam sibuk pagi dan sore hari.

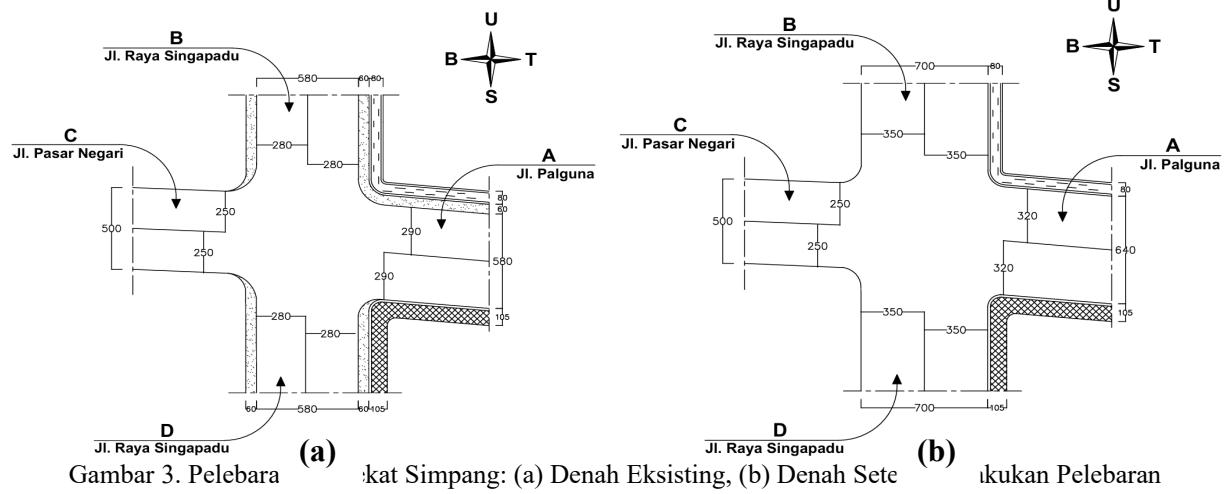
4.2.3. Analisis Kinerja Simpang

Analisis kinerja simpang Jl. Raya Singapadu – Jl. Palguna – Jl. Pasar Negari dilakukan berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023), menggunakan parameter kapasitas dan kinerja lalu lintas. Berdasarkan data survei pada jam puncak (Senin, 06.30–07.30 WITA), diperoleh volume total sebesar 2.352,2 SMP/jam. Perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas dasar (C_0) untuk tipe simpang 4 lengan (422) adalah 2.900 SMP/jam, dengan hasil koreksi faktor $FLP = 0,853$, $FM = 1,00$, $FUK = 0,94$, $FHS = 0,94$, $FBKi = 1,34$, $FBKa = 1,00$, dan $Fmi = 0,927$ sehingga kapasitas sesungguhnya adalah 2.713,07 SMP/jam. Nilai derajat kejemuhan (DJ) sebesar $0,87 > 0,85$ menunjukkan kondisi simpang telah jemu dan memerlukan perbaikan. Hasil perhitungan tundaan total mencapai 14,94 detik/SMP dengan peluang antrian antara 30,19%–59,61%, yang mengindikasikan kinerja simpang kurang baik. Berdasarkan kondisi tersebut, dilakukan beberapa alternatif solusi peningkatan kinerja.

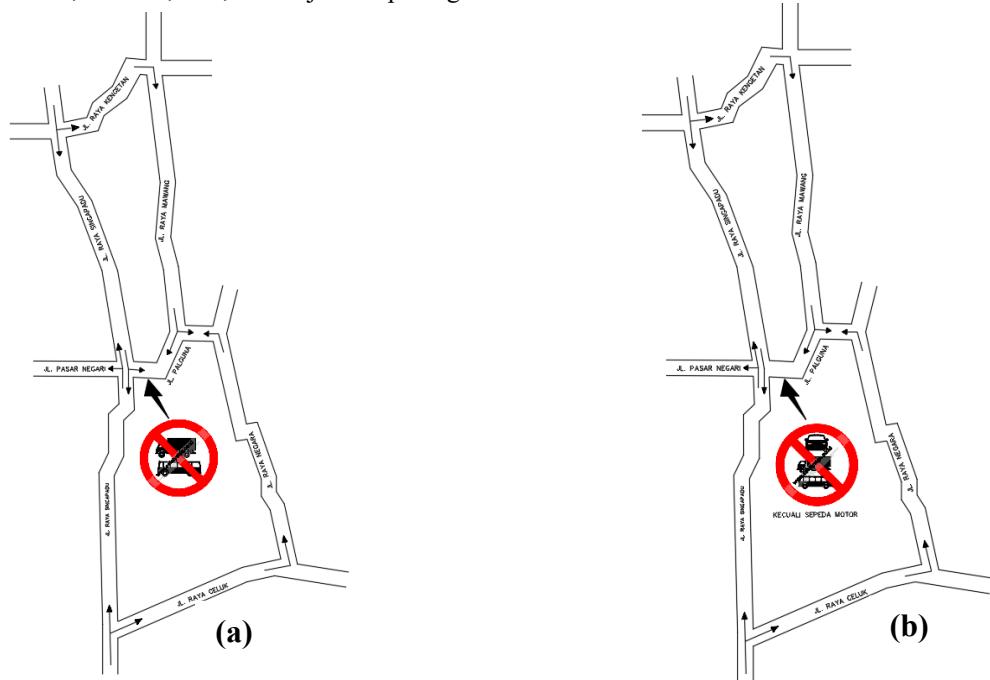


Gambar 2. Arus Lalu Lintas Puncak Smp/ Jam pada hari Senin pukul 06.30-07.30

Alternatif pertama adalah pelebaran pendekat simpang, dengan hasil kapasitas meningkat menjadi 2.785,41 SMP/jam dan derajat kejemuhan menurun menjadi $0,84 < 0,85$, tundaan turun menjadi 14,47 detik/SMP, serta peluang antrian berkurang menjadi 28,67%–55,70%, menunjukkan perbaikan signifikan.

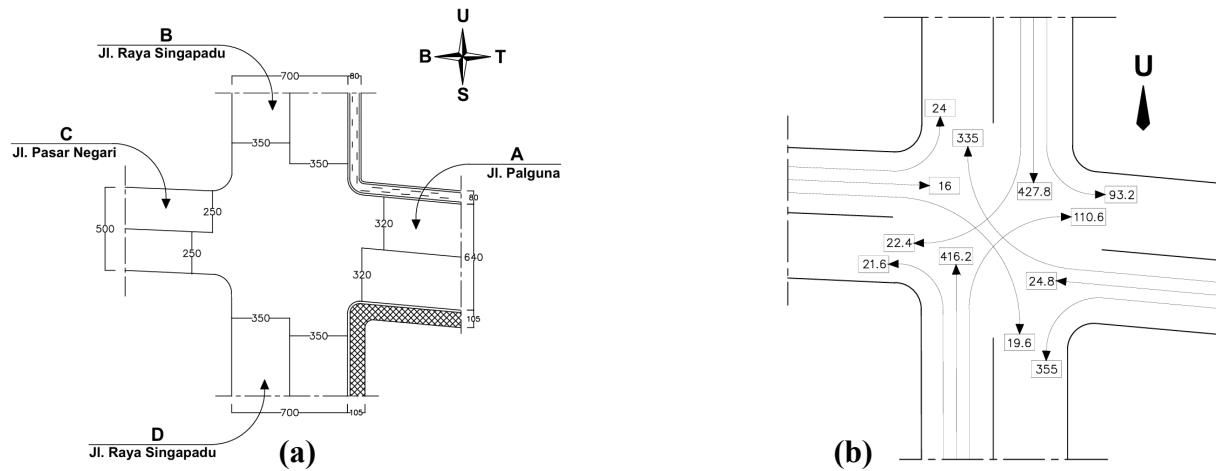


Alternatif kedua adalah pembatasan pergerakan belok mobil penumpang (MP) dan kendaraan sedang (KS) ke arah Jl. Palguna, yang menghasilkan kapasitas 2.492,46 SMP/jam, $DJ = 0,75 < 0,85$, tundaan 12,90 detik/SMP, dan peluang antrian 22,74%–45,59%, menunjukkan peningkatan kelancaran arus lalu lintas.



Gambar 4. Sistem Jaringan Jalan: (a) Sebelum Adanya Pembatasan Belok, (b) Sesudah Adanya Batasan Belok

Alternatif ketiga, yaitu gabungan pelebaran pendekat dan pembatasan belok, menghasilkan kapasitas tertinggi 2.568,41 SMP/jam dengan $DJ = 0,73 < 0,85$, tundaan 12,60 detik/SMP, dan peluang antrian 21,49%–43,30%, yang menunjukkan bahwa kombinasi dua solusi tersebut paling efektif dalam meningkatkan kapasitas dan menurunkan derajat kejemuhan simpang. Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa kondisi eksisting simpang berada dalam tingkat pelayanan E, sedangkan setelah penerapan solusi gabungan meningkat menjadi tingkat pelayanan C–D, yang menandakan peningkatan kinerja simpang dan berkurangnya potensi kemacetan pada jam sibuk.



Gambar 5. (a) Pelebaran Pendekat Simpang, (b) Arus Lalu Lintas Smp/Jam Tanpa Mobil Penumpang (MP),

5. KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa kinerja simpang empat tak bersinyal Jl. Raya Singapadu – Jl. Palguna – Jl. Pasar Negari dalam kondisi eksisting tergolong kurang baik dengan derajat kejemuhan (DJ) $0,87 > 0,85$, tundaan 14,94 detik/SMP, dan peluang antrian 30,19%–59,61%. Setelah dilakukan analisis perbaikan, alternatif pelebaran pendekat simpang menghasilkan DJ 0,84, sementara pembatasan belok (MP dan KS) menurunkan DJ menjadi 0,75. Kombinasi keduanya memberikan hasil terbaik dengan DJ 0,73, tundaan 12,60 detik/SMP, dan peluang antrian 21,49%–43,30%. Dengan demikian, kombinasi pelebaran pendekat dan pembatasan belok direkomendasikan sebagai solusi paling efektif untuk meningkatkan kinerja simpang agar lebih lancar dan efisien

DAFTAR PUSTAKA

- Mukti, E. T., & Mayuni, S. (2024). *Performance analysis and alternative treatments at the intersection of Jl. Gusti Situt Mahmud-Parit Pangeran in Pontianak*.
- Mahendra, M., & Hasyim, H. (2025). *Analisis kinerja simpang bersinyal akibat marka jalan yellow box junction pada Simpang Empat Tanah Aji, Kota Mataram*.
- Rorong, N., Elisabeth, L., & Waani, J. E. (2015). *Analisa kinerja simpang tidak bersinyal di ruas Jalan S. Parman dan Jalan DI. Panjaitan*.
- Morlok. (1991). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi* (Vol. In Airlangga(Vol 2)).
- Puspasari, N., Akbar, R. Z., & Indriani, P. P. (2024). *Optimalisasi durasi lampu lalu lintas pada persimpangan Jalan Rajawali-Tinggang menggunakan PKJI 2023*.
- PKJI, 2023. *Panduan Kapasitas Jalan Indonesia 2014. Panduan Kapasitas Jalan Indonesia 2023*, 68.
- Jaya, F. H., & Gautama, G. (2022). *Analisa Kinerja Simpang Tiga Tak Bersinyal pada Ruas Jalan Urip Sumoharjo – Pulau Morotai Bandar Lampung*.
- Buku Rekayasa Lalu Lintas dan Keselamatan Jalan. (n.d.).
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Gianyar. (2025). *Kabupaten Gianyar dalam Angka 2025*. Gianyar: BPS Kabupaten Gianyar.