



Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Berdasarkan PKJI 2023 dan PTV VISSIM 2025 (Studi Kasus: Simpang Padang Galak Kota Denpasar)

I Made Kariyana^{a,*}, Tri Hayatining Pamungkas^b, U'us Azmi Nur Fahmi^c

^{a,b,c}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Ngurah Rai, Denpasar

*Corresponding author, email address: made.kariyana@unr.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 11 Juli 2025

Revised: 10 Agustus 2025

Accepted: 25 September

Available Online: 25 November 2025

Kata Kunci:

Simpang bersinyal, PKJI 2023, PTV VISSIM, penyesuaian waktu hijau, kinerja simpang

Keywords:

Signalized intersection, PKJI 2023, PTV VISSIM, green time adjustment, intersection performance

ABSTRAK

Simpang Padang Galak di Kota Denpasar merupakan simpang bersinyal tiga fase yang menghubungkan Jalan Bypass Ngurah Rai, Jalan Padang Galak, dan Jalan Waribang. Lokasi simpang yang strategis menyebabkan volume lalu lintas tetap tinggi, baik pada hari kerja maupun akhir pekan. Kondisi ini menimbulkan permasalahan berupa kemacetan, panjang antrian, waktu tunggu yang lama, serta tundaan yang tinggi. Analisis kondisi eksisting dilakukan menggunakan metode PKJI 2023 dan PTV VISSIM 2025. Hasil analisis menunjukkan sebagian besar pendekat berada pada tingkat pelayanan LOS F, dengan tundaan rata-rata tertinggi 112,54 detik pada hari kerja dan 98,45 detik pada akhir pekan di pendekat barat, serta antrian terpanjang di pendekat utara dengan panjang 512,5 m pada hari kerja. Simulasi penyesuaian waktu hijau menurunkan antrian dan tundaan secara signifikan, namun sebagian besar pendekat tetap berada pada LOS F, sehingga perbaikan hanya berdampak parsial. Diperlukan strategi optimasi lanjutan seperti perubahan geometrik simpang atau rekayasa lalu lintas lainnya untuk meningkatkan kinerja simpang secara menyeluruh.

ABSTRACT

Padang Galak Intersection in Denpasar City is a three-phase signalized intersection connecting Bypass Ngurah Rai Street, Padang Galak Street, and Waribang Street. Its strategic location as an access point to tourist areas, educational centers, and residential zones results in consistently high traffic volumes on both weekdays and weekends. This condition causes traffic problems such as congestion, long vehicle queues, extended waiting times, and high delays. The existing condition analysis was carried out using the PKJI 2023 method and PTV VISSIM 2025. Results show most approaches operate at LOS F, with the highest average delay reaching 112.54 seconds on weekdays and 98.45 seconds on weekends at the west approach, while the longest queue occurred on the north approach with 512.5 m on weekdays. Simulation of green time adjustment proved effective in reducing queues and delays. However, most approaches remained at LOS F, meaning improvements were partial. Therefore, advanced optimization strategies, including geometric modifications or alternative traffic engineering measures, are necessary to enhance the overall performance of the intersection.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

1. PENDAHULUAN

Kota Denpasar, sebagai ibu kota Provinsi Bali, memiliki luas wilayah 125,97 km² dengan jumlah penduduk 673,27 ribu jiwa pada tahun 2024 [1]. Sebagai pusat pemerintahan, perekonomian, pendidikan, dan pariwisata, kota ini mengalami perkembangan pesat yang berdampak pada meningkatnya mobilitas penduduk dan aktivitas transportasi. Kondisi ini menuntut tersedianya sistem transportasi yang efektif dan efisien untuk mendukung kelancaran arus lalu lintas serta pertumbuhan kota yang berkelanjutan. Salah satu elemen penting dalam sistem transportasi perkotaan adalah simpang [2]. Simpang merupakan titik pertemuan berbagai arus kendaraan dari beberapa ruas jalan, dimana setiap kendaraan saling berinteraksi dalam pola pergerakan yang dinamis [3]. Simpang bersinyal yang berfungsi sebagai titik kendali arus kendaraan dan dilengkapi dengan Alat Pengendali Isyarat Lalu Lintas (APILL) [4]. Pengaturan yang tepat pada simpang bersinyal dapat mengurangi konflik antar arus lalu lintas, meningkatkan keselamatan, dan menjaga kapasitas simpang. Sebaliknya, pengaturan yang tidak optimal dapat memicu tundaan, antrian panjang, hingga kemacetan [5].

Simpang Padang Galak merupakan salah satu simpang bersinyal dengan pengaturan tiga fase yang berada di Kota Denpasar. Simpang ini merupakan pertemuan antara Jalan Bypass Ngurah Rai, Jalan Padang Galak, dan Jalan Waribang yang dilewati oleh berbagai jenis kendaraan, baik angkutan orang maupun barang. Simpang Padang Galak merupakan akses menuju kawasan wisata, pendidikan, dan permukiman. Hal ini menjadikan volume lalu lintas tetap tinggi, baik pada hari kerja (*weekday*) maupun akhir pekan (*weekend*). Simpang Padang Galak menghadapi tantangan lalu lintas yang signifikan, utamanya di pendekatan utara dan selatan, dengan kemacetan yang kerap terjadi, waktu tunggu yang lama, serta antrian kendaraan yang terus memanjang, karena itu APILL pada simpang tersebut dinilai belum efektif [6]. Kondisi ini menunjukkan perlunya solusi inovatif untuk meningkatkan kelancaran mobilitas dan efisiensi lalu lintas.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji peningkatan kinerja simpang bersinyal dengan pendekatan yang berbeda. Putra et al [7] menggunakan MKJI 1997 di simpang Uluwatu, Bali, dan menemukan bahwa pengaturan tiga fase mampu meningkatkan tingkat pelayanan dari E menjadi B. Ramzy et al [8] menerapkan PKJI 2023 pada simpang bersinyal di Malang dan membuktikan bahwa pelarangan belok kanan serta perubahan menjadi dua fase dapat menurunkan tundaan rata-rata dari 187,9 det/SMP menjadi 13,3 det/SMP. Sementara itu, Putu & Anggayeni [9] menggunakan PTV VISSIM untuk simulasi lalu lintas dan menunjukkan penurunan tundaan sebesar 8% serta panjang antrian hingga 18% pada beberapa pendekatan. Meskipun demikian, belum terdapat penelitian yang secara spesifik mengkaji optimalisasi kinerja simpang bersinyal di Denpasar dengan kombinasi PKJI 2023 dan PTV VISSIM 2025. PKJI 2023 merupakan pembaruan dari MKJI 1997 yang menyesuaikan analisis kapasitas jalan dengan kondisi lalu lintas Indonesia saat ini. Pembaruan tersebut mencakup komposisi lalu lintas yang kini didominasi sepeda motor, faktor hambatan samping yang lebih detail, penyesuaian kapasitas dan geometrik jalan modern, serta penggunaan data empiris terbaru, sehingga metodologi ini lebih relevan untuk digunakan saat ini.

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, studi ini dilakukan untuk menganalisis dan mengoptimalkan kinerja Simpang Padang Galak dengan metode PKJI 2023 dan pemodelan mikrosimulasi menggunakan PTV VISSIM 2025. Penelitian ini bertujuan memberikan rekomendasi teknis pengaturan sinyal berbasis data yang lebih relevan dengan kondisi lalu lintas terkini, serta berkontribusi dalam pengembangan perencanaan transportasi perkotaan yang efisien di Kota Denpasar.

2. KAJIAN PUSTAKA

Persimpangan

Persimpangan merupakan titik dalam jaringan transportasi di mana beberapa jalur jalan bertemu [10]. Pada titik ini, aliran kendaraan dari berbagai arah bertemu, lalu menyebar ke berbagai arah saat meninggalkan persimpangan. Persimpangan merupakan bagian terpenting dalam sistem jaringan, di mana secara umum kapasitas persimpangan dapat diatur dengan mengelola volume lalu lintas dalam jaringan tersebut [11].

Kinerja simpang APILL

Pada persimpangan, kinerja lalu lintas diukur pada kondisi arus yang dievaluasi selama 1 (satu) jam. Arus 1 (satu) jam tersebut merupakan arus lalu lintas yang representatif dari masa pelayanan dan dapat merupakan arus

hasil pengukuran di lapangan atau arus lalu lintas rencana. Untuk menilai kinerja lalu lintas, kriteria desain yang umum digunakan adalah D_j dengan nilai yang umum $D_j \leq 0,85$ [12]. enilaian ini menjadi dasar dalam menentukan apakah suatu simpang memerlukan penanganan lebih lanjut, seperti penyesuaian fase sinyal, penambahan lajur, atau perubahan geometrik lainnya. Dengan demikian, evaluasi D_j tidak hanya menggambarkan kondisi eksisting, tetapi juga menjadi alat penting dalam menyusun strategi peningkatan kinerja simpang secara efektif dan berkelanjutan.

Kapasitas simpang APILL

Analisis kapasitas simpang APILL dilakukan per pendekat, yang dapat terdiri atas satu atau lebih sub-pendekat sesuai pengaturan fase atau pemisahan fisik. Lebar efektif (L_E) ditentukan berdasarkan lebar masuk dan keluar tiap pendekat [12].

$$C = J \times \frac{W_H}{S} \quad (1)$$

C = kapasitas simpang APILL (SMP/jam), J = arus jenuh (SMP/jam), W_H = total waktu hijau dalam satu siklus (detik), S = waktu siklus (detik).

Derajat kejenuhan simpang APILL

Derajat kejenuhan merupakan rasio dari arus lalu lintas per kapasitas pendekat [12].

$$D_j = \frac{q}{C} \quad (2)$$

D_j = derajat kejenuhan, q = arus total (SMP/jam), C = kapasitas simpang (SMP/jam)

Panjang antrian simpang APILL

Panjang antrian terjadi jika arus masuk melebihi arus jenuh, sehingga kendaraan-kendaraan terkumpul sampai ke kapasitas maksimum [13].

$$P_A = \frac{N_q \times 20}{L_M} \quad (3)$$

P_A = Panjang antrian (m), N_q = Jumlah kendaraan antri total (SMP/jam), L_M = Lebar jalur masuk (m)

Tundaan rata-rata simpang APILL

Tundaan rata-rata simpang APILL dihitung dari tundaan geometri dan tundaan lalu lintas [12].

$$T = T_G + T_{LL} \quad (4)$$

T = tundaan (det/SMP), T_G = tundaan geometri (det/SMP), T_{LL} = tundaan lalu lintas (det/SMP)

Tingkat pelayanan simpang APILL

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 (2015) [14] tingkat pelayanan simpang diklasifikasikan berdasarkan tundaan rata-rata simpang.

Tabel 1. Tingkat pelayanan simpang APILL

Tingkat Pelayanan	Keterangan
A	Jika kondisi tundaan rata-rata < 5 detik per kendaraan.
B	Jika kondisi tundaan rata-rata ≤ 5 detik sampai 15 detik per kendaraan
C	Jika kondisi tundaan rata-rata ≤ 15 detik sampai 25 detik per kendaraan
D	Jika kondisi tundaan ≤ 25 detik sampai 40 detik per kendaraan
E	Jika kondisi tundaan ≤ 40 detik sampai 60 detik per kendaraan
F	Jika kondisi tundaan ≥ 60 detik per kendaraan.

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 (2015)

Tabel tersebut digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat pelayanan simpang berdasarkan tundaan rata-rata per kendaraan. Nilai tundaan hasil analisis kemudian dibandingkan dengan kategori pada tabel untuk menentukan apakah suatu simpang berada pada kondisi baik, sedang, atau buruk.

Simulasi lalu lintas berbasis *software* PTV VISSIM 2025

Diperlukan analisis komprehensif terhadap kondisi geometrik simpang, termasuk lebar dan jumlah lajur, radius tikungan, serta fasilitas pendukung, perlu dilakukan karena optimasi waktu siklus semata belum mampu menghasilkan perbaikan kinerja yang signifikan [15]. PTV VISSIM mampu memodelkan perilaku pengemudi dengan fleksibilitasnya, sehingga menjadikan efisiensi dalam analisis mikrosimulasi [16]. Pendekatan terpadu antara perbaikan geometrik dan simulasi perilaku lalu lintas ini diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi penanganan yang lebih tepat sasaran serta mampu mengurangi permasalahan kemacetan secara berkelanjutan.

Kalibrasi PTV VISSIM

Kalibrasi pada *software* VISSIM merupakan proses dalam membentuk nilai-nilai parameter yang sesuai sehingga model dapat mereplikasi lalu lintas hingga kondisi yang semirip mungkin [17]. Proses ini dilakukan dengan cara menyesuaikan parameter-parameter perilaku pengemudi (*driving behavior*), kapasitas jalan, serta karakteristik arus lalu lintas dengan data hasil survei lapangan. Kalibrasi menjadi tahap yang sangat penting karena kualitas hasil simulasi sangat bergantung pada tingkat kesesuaian model dengan kondisi nyata [18]. Dengan kalibrasi yang tepat, simulasi tidak hanya mampu menggambarkan kondisi eksisting secara akurat, tetapi juga memberikan dasar yang lebih kuat dalam mengevaluasi skenario perbaikan, memprediksi dampak perubahan geometrik atau pengaturan sinyal, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih andal dalam perencanaan lalu lintas.

Validasi PTV VISSIM

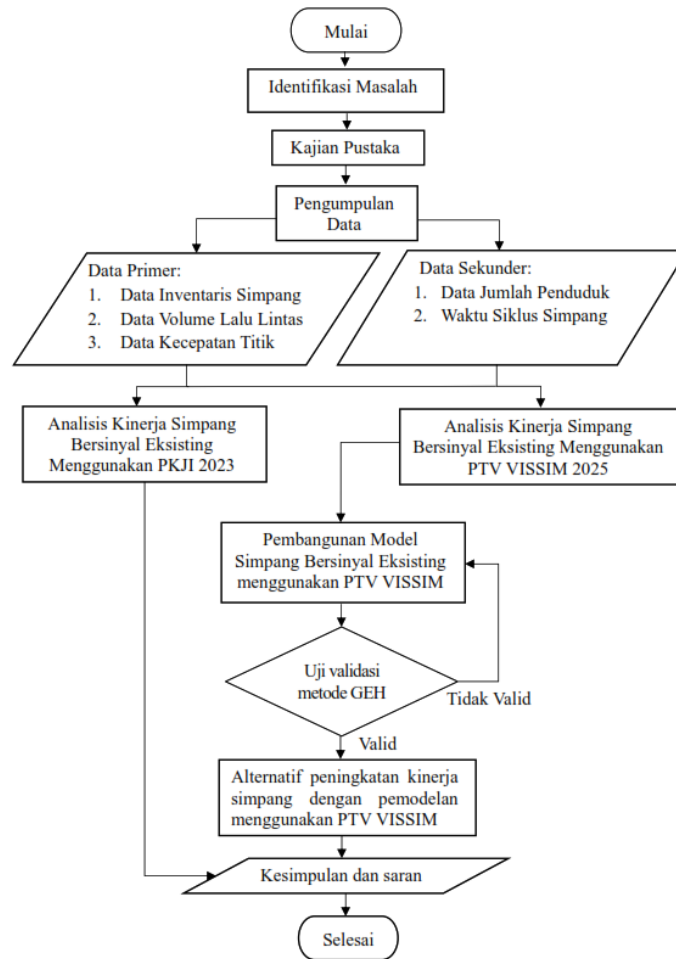
Metode *Geoffrey E. Havers* (GEH) digunakan untuk memvalidasi model simulasi lalu lintas. Hasil simulasi pemodelan dikatakan sesuai jika nilai GEH < 5. Uji GEH merupakan rumus statistik modifikasi dari chi-squared dengan melakukan analisis perbedaan diantara nilai mutlak dan relatif [19]. Penerapan uji ini memberikan ukuran yang lebih sensitif dan realistis dalam menilai kesesuaian model, terutama pada kondisi lalu lintas dengan variasi volume yang tinggi. Dengan demikian, GEH menjadi alat penting dalam memastikan bahwa model simulasi memiliki tingkat akurasi yang memadai sebelum digunakan untuk analisis skenario dan perencanaan perbaikan.

Tabel 2. Ketentuan nilai *error* rumus statistik GEH

Nilai GEH	Keterangan
GEH < 5,0	Diterima
$5,0 \leq \text{GEH} \leq 10,0$	Peringatan: kemungkinan model error atau data buruk
GEH > 10,0	Ditolak

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif karena data yang diperoleh berupa angka yang dapat diolah secara statistik [20] sehingga mampu menggambarkan serta mengevaluasi kinerja eksisting simpang secara objektif.



Gambar 1. Fluktuasi kendaraan saat hari kerja (SMP/jam)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data geometrik simpang

Berdasarkan hasil survei lapangan, Simpang Padang Galak memiliki median pada pendekat mayor dengan kondisi tata guna lahan sekitar simpang yaitu komersial.

Tabel 3. Data inventarisasi simpang

Pendekat	Tipe Lingkungan Jalan	Kelas Hambatan Samping	Median	Belok kiri jalan terus	Lebar Pendekat (m)		
					Pada awal lajur	Pada garis henti	Pada lajur keluar
Utara	Komersial	Sedang	Ya	Tidak	7,5	7,5	7
Selatan	Komersial	Sedang	Ya	Tidak	7	7	7,5
Timur	Komersial	Rendah	Tidak	Tidak	3,5	3,5	3,5
Barat	Komersial	Sedang	Tidak	Tidak	3,5	3,5	3,5

4.2 Data waktu siklus

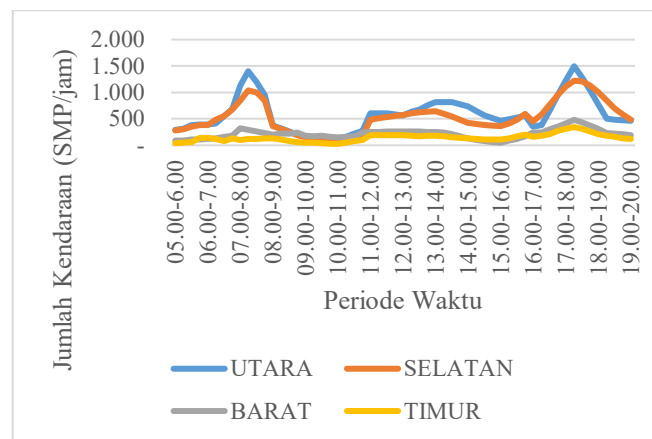
Simpang Padang Galak merupakan simpang bersinyal dengan pengaturan 3 (tiga) fase *early cut off* dan *late start* dengan total waktu siklus adalah 165 detik.

Tabel 4. Distribusi waktu siklus

Fase		<i>Red</i> (detik)	<i>Amber</i> (detik)	<i>Green</i> (detik)	<i>All Red</i> (detik)
Utara	Kanan	130	3	30	2
	Lurus	65	3	95	2
Selatan	Lurus	65	3	95	2
	Kanan	130	3	30	2
Barat & Timur		135	3	25	2
Siklus		165 detik			

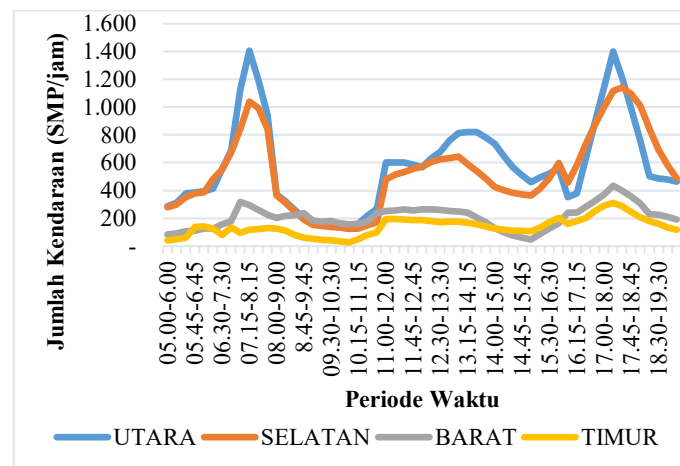
4.3 Data volume lalu lintas

Data volume diperoleh dari survei gerakan membelok terklasifikasi yang dilakukan pada hari kerja dan akhir pekan. Melalui survei CTMC menghasilkan nilai yang menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi Simpang Padang Galak dengan satuan SMP per jam pada setiap pendekatan simpang.



Gambar 2. Fluktuasi kendaraan saat hari kerja (SMP/jam)

Jam puncak lalu lintas pada hari kerja terjadi pada pukul 17.15 – 18.15 dengan volume kendaraan sebesar 3.546 SMP/jam.



Gambar 3. Fluktuasi kendaraan saat akhir pekan (SMP/jam)

Jam puncak lalu lintas pada hari kerja terjadi pada pukul 17.15 – 18.15 dengan volume kendaraan sebesar 3.262 SMP/jam.

4.4 Analisis kinerja simpang bersinyal kondisi eksisting berdasarkan PKJI 2023

Data volume lalu lintas pada jam puncak di Simpang Padang Galak digunakan sebagai dasar dalam perhitungan analisis kinerja menggunakan metode PKJI 2023. Melalui analisis tersebut diperoleh nilai derajat kejenuhan pada masing-masing pendekat, baik pada hari kerja maupun akhir pekan, sehingga dapat menggambarkan kondisi aktual beban lalu lintas yang terjadi di simpang tersebut. Hasil ini menjadi acuan penting dalam mengevaluasi kapasitas simpang serta menentukan kebutuhan upaya perbaikan atau pengaturan lalu lintas yang lebih optimal.

Tabel 5. Derajat kejenuhan simpang saat hari kerja

Pendekat	Arus lalu lintas q (SMP/jam)	Kapasitas C (SMP/jam)	Derajat kejenuhan
Utara	1.496	1.418,3	1,05
Selatan	1.224	1.270	0,96
Timur	214	258,4	0,83
Barat	293	318	0,92

Tabel 6. Derajat kejenuhan simpang saat akhir pekan

Pendekat	Arus lalu lintas q (SMP/jam)	Kapasitas C (SMP/jam)	Derajat kejenuhan
Utara	1.398	1.418,3	0,99
Selatan	1.118	1.270	0,88
Timur	209	258,4	0,81
Barat	276	318	0,87

Berdasarkan Tabel 5. dan Tabel 6., nilai derajat kejenuhan pada pendekat utara, selatan, dan barat, baik pada hari kerja maupun akhir pekan, menunjukkan angka lebih dari 0,85. Mengacu pada PKJI (2023), derajat kejenuhan dengan nilai di atas 0,85 mengindikasikan perlunya perubahan rencana lalu lintas. Dari kondisi tersebut, kemudian dilakukan perhitungan tundaan rata-rata simpang untuk mengetahui tingkat pelayanan sehingga kinerja simpang dapat dinilai secara lebih akurat. Analisis tundaan ini juga memberikan gambaran mengenai tingkat kenyamanan dan efisiensi pergerakan kendaraan, yang selanjutnya menjadi dasar dalam merumuskan alternatif solusi pengaturan lalu lintas. Dengan demikian, hasil perhitungan LOS menjadi indikator penting dalam mengevaluasi kualitas operasional simpang secara menyeluruh.

Tabel 7. Tundaan rata-rata dan tingkat pelayanan Simpang Padang Galak kondisi eksisting metode PKJI 2023 saat hari kerja

Pendekat	Tundaan rata-rata (detik)	LOS
Utara	63,65	F
Selatan	51,54	E
Timur	95,65	F
Barat	112,54	F

Tundaan rata-rata per pendekat saat hari kerja pada pendekat utara, timur, dan barat memiliki tingkat tundaan tinggi dengan *Level of Service* (LOS) F, sedangkan pendekat selatan memiliki tundaan lebih rendah

dengan LOS E. Secara keseluruhan, kondisi simpang tergolong kurang baik karena sebagian besar pendekat berada pada tingkat pelayanan rendah

Tabel 8. Tundaan rata-rata dan tingkat pelayanan Simpang Padang Galak kondisi eksisting metode PKJI 2023 saat akhir pekan

Pendekat	Tundaan rata-rata (detik)	LOS
Utara	50,79	E
Selatan	41,26	E
Timur	92,25	F
Barat	98,45	F

Tundaan rata-rata pada akhir pekan untuk masing-masing pendekat utara dan selatan berada pada tingkat pelayanan E, menandakan tundaan tinggi. Sementara itu, pendekat Timur dan Barat memiliki tundaan lebih besar dan masuk kategori F, yang menunjukkan kondisi lalu lintas sangat padat dan kinerja simpang kurang baik.

4.5 Analisis kinerja simpang bersinyal kondisi eksisting berdasarkan PTV VISSIM

Pembangunan model simulasi PTV VISSIM diawali dengan pemodelan jaringan jalan dan input data lalu lintas, meliputi tipe dan komposisi kendaraan, distribusi kecepatan, perilaku pengemudi, serta fase dan siklus APILL eksisting. Kalibrasi dilakukan pada parameter perilaku pengemudi untuk menyesuaikan hasil simulasi dengan kondisi lapangan. Validasi dilakukan dengan membandingkan keluaran simulasi terhadap kondisi aktual, menggunakan variabel arus lalu lintas (q) yang diuji dengan metode GEH.

Tabel 9. Hasil validasi volume saat hari kerja

Pendekat	Volume (Kend/Jam)		Nilai GEH	Keterangan
	Observasi	Simulasi		
Utara	3.443	3.398	0,77	Diterima
Selatan	3.137	3.122	0,27	Diterima
Timur	615	635	0,80	Diterima
Barat	838	846	0,28	Diterima

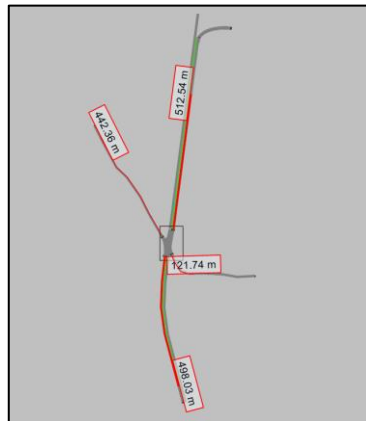
Tabel 10. Hasil validasi volume saat akhir pekan

Pendekat	Volume (Kend/Jam)		Nilai GEH	Keterangan
	Observasi	Simulasi		
Utara	3.203	3.210	0,12	Diterima
Selatan	2.943	2.910	0,61	Diterima
Timur	570	586	0,67	Diterima
Barat	761	768	0,25	Diterima

Hasil uji validasi model PTV VISSIM dengan metode GEH menunjukkan bahwa model simulasi eksisting dapat diterima atau valid, sehingga dianggap mewakili kondisi nyata di lapangan. Keluaran dari model tersebut berupa kinerja simpang yang meliputi parameter-parameter utama, seperti derajat kejenuhan, tundaan rata-rata, dan panjang antrian. Informasi ini kemudian digunakan sebagai dasar perbandingan dengan hasil analisis manual PKJI 2023, sehingga dapat diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi operasional simpang. Selain itu, hasil simulasi juga menjadi acuan dalam menyusun alternatif skenario pengaturan lalu lintas yang lebih efektif.

Tabel 11. Kinerja Simpang Padang Galak berdasarkan PTV VISSIM saat hari kerja

Pendekat	Panjang Antrian (m)	Waktu Tundaan (det)	LOS
Utara	512,5	144,7	F
Selatan	498	141,8	F
Barat	442,4	95,4	F
Timur	121,7	94,8	F



Gambar 4. Visualisasi kinerja simpang pada hari kerja berdasarkan PTV VISSIM

Dari hasil simulasi, pendekat utara menunjukkan panjang antrian paling tinggi mencapai sekitar 512,5 meter, disusul selatan dengan 498 meter, serta Barat dengan 442,4 meter. Pendekat Timur memiliki antrian paling pendek, yaitu 121,7 meter. Secara keseluruhan, nilai panjang antrian yang besar pada hampir semua pendekat mencerminkan kondisi kemacetan yang signifikan di simpang tersebut.

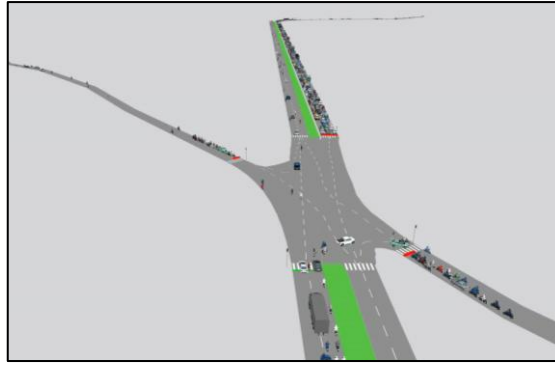
Tabel 12. Kinerja Simpang Padang Galak berdasarkan PTV VISSIM saat akhir pekan

Pendekat	Panjang Antrian (m)	Waktu Tundaan (det)	LOS
Utara	509,4	134,3	F
Selatan	221,6	111,7	F
Barat	78,3	63,4	F
Timur	73,6	64,5	F



Gambar 5. Visualisasi kinerja simpang pada akhir pekan berdasarkan PTV VISSIM

Berdasarkan panjang antrian, pendekat utara menunjukkan kondisi paling berat dengan antrian 509,4 m, selatan 221,6 m. Sementara itu, antrian pada pendekat barat dan timur relatif rendah, masing-masing 78,3 m dan 73,6 m.



Gambar 6. Simulasi kinerja simpang eksisting pada PTV VISSIM

Gambar tersebut menampilkan simulasi kinerja simpang eksisting pada PTV VISSIM. Visualisasi ini menunjukkan kondisi nyata pergerakan lalu lintas di setiap pendekatan, termasuk antrean kendaraan, pola pergerakan saat fase sinyal, serta kepadatan pada masing-masing lengan simpang

4.5 Perencanaan peningkatan kinerja simpang pada PTV VISSIM

Peningkatan kinerja simpang dilakukan dengan penyesuaian waktu hijau melalui metode trial and error tanpa mengubah fase eksisting. Rentang waktu siklus yang diuji adalah 100–250 detik dengan interval kenaikan 5 detik, guna mengeksplorasi variasi pengaturan sinyal yang masih dalam batas operasional. Rentang tersebut dipilih untuk mengidentifikasi siklus optimal yang dapat meminimalkan tundaan dan panjang antrian, dengan resolusi cukup detail namun tetap efisien dalam jumlah skenario simulasi. Pendekatan ini lazim digunakan dalam optimasi sinyal ketika waktu siklus ideal belum diketahui.

Tabel 13. *Trial and error* peningkatan kinerja simpang saat hari kerja

Percobaan	Waktu Siklus	Waktu Hijau						Panjang Antrian	Tundaan	GEH
		Utara Kanan	Utara Lurus	Selatan Lurus	Selatan Kanan	Barat	Timur			
15	170	35	100	95	30	25	25	240	95,2	Diterima
20	195	40	110	110	40	30	30	204,77	74,2	Diterima
21	200	40	115	110	35	35	35	195,10	75,8	Diterima
23	210	40	125	120	35	35	35	210,60	79,9	Diterima
25	220	45	125	120	40	40	40	250	84,1	Diterima
26	225	45	130	125	40	40	40	265,80	86,7	Diterima
28	235	50	135	125	40	45	45	295,40	90,3	Diterima
29	240	50	135	130	45	45	45	310,25	91,5	Diterima
30	245	50	140	135	45	45	45	325,70	93	Diterima

Percobaan 20 merupakan skenario yang diterima dengan kinerja terbaik. Pada siklus 195 detik, alokasi waktu hijau yang diberikan mampu menurunkan panjang antrian menjadi 204,77 m dan tundaan menjadi 74,2 detik, sehingga memenuhi kriteria kelayakan berdasarkan nilai GEH yang juga diterima.

Tabel 14. *Trial and error* peningkatan kinerja simpang saat akhir pekan

Percobaan	Waktu Siklus	Waktu Hijau						Panjang Antrian	Tundaan	GEH
		Utara Kanan	Utara Lurus	Selatan Lurus	Selatan Kanan	Barat	Timur			
1	100	15	60	60	15	10	10	195,30	208,6	Diterima
3	110	20	65	60	15	15	15	202,40	215,8	Diterima
4	115	20	65	60	15	15	15	131,50	200,2	Diterima
6	125	25	70	65	20	20	20	217,80	214,1	Diterima
8	135	25	75	75	25	20	20	137,80	230,2	Diterima

Percobaan	Waktu Siklus	Waktu Hijau						Panjang Antrian	Tundaan	GEH
		Utara Kanan	Utara Lurus	Selatan Lurus	Selatan Kanan	Barat	Timur			
9	140	25	80	80	25	20	20	229,90	221,3	Diterima
12	155	30	90	85	25	25	25	240,50	247,3	Diterima
14	165	25	95	95	25	30	30	25	95	Diterima
15	170	35	100	95	30	25	25	143,78	61,7	Diterima
17	180	35	105	100	30	30	30	253,7	249,1	Diterima
19	190	35	110	110	35	30	30	260,4	259,3	Diterima
20	195	40	110	110	40	30	30	263,1	272,6	Diterima
22	205	40	120	115	35	35	35	270	275,2	Diterima
24	215	45	125	115	35	40	40	276,8	285,5	Diterima
26	225	45	130	125	40	40	40	283,2	290,9	Diterima
28	235	50	135	125	40	45	45	290,8	297,3	Diterima
29	240	50	135	130	45	45	45	294,1	288,2	Diterima
31	250	45	145	145	45	45	45	301,3	298,9	Diterima

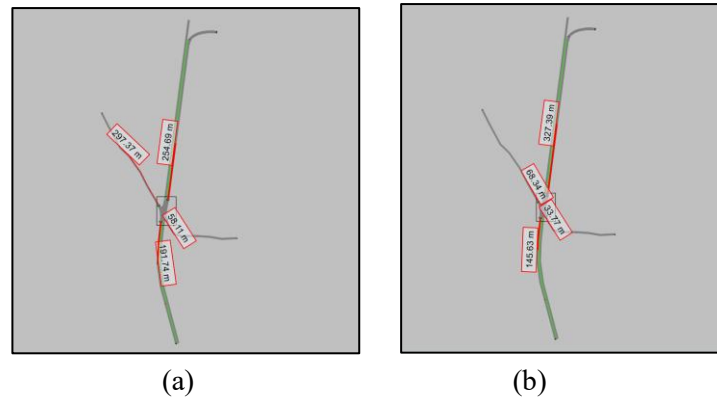
Percobaan 15 merupakan skenario terbaik pada akhir pekan. Dengan waktu siklus 170 detik dan pengaturan waktu hijau yang seimbang, skenario ini menghasilkan panjang antrian terendah (143,78 m) dan tundaan paling kecil (61,7 detik), sehingga dinilai paling optimal dan diterima.

4.6 Perbandingan kinerja simpang eksisting dan optimalisasi

Perbandingan antara kondisi eksisting dan setelah dilakukan optimalisasi dihitung berdasarkan parameter panjang antrian dan waktu tundaan. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui efektivitas optimalisasi dalam meningkatkan kinerja simpang pada periode hari kerja dan akhir pekan.

Tabel 15. Perbandingan kinerja simpang eksisting dan optimalisasi

Periode	Pendekat	Eksisting			Optimalisasi		
		Panjang Antrian (m)	Waktu Tundaan (det)	LOS	Panjang Antrian (m)	Waktu Tundaan (det)	LOS
Hari Kerja	Utara	512,5	144,7	F	254,69	80,97	F
	Selatan	498	141,8	F	191,74	64,16	F
	Barat	442,4	95,4	F	297,37	59,31	E
	Timur	121,7	94,8	F	58,11	57,56	E
Akhir Pekan	Utara	509,4	134,3	F	327,39	82,50	F
	Selatan	221,6	111,7	F	145,63	63,98	F
	Barat	78,3	63,4	F	68,34	45,86	E
	Timur	73,6	64,5	F	33,77	30,07	E



Gambar 7. (a) Visualisasi kondisi optimalisasi simpang saat hari kerja, (b) Visualisasi kondisi optimalisasi simpang saat akhir pekan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis PKJI 2023 dan simulasi PTV VISSIM, kinerja Simpang Padang Galak masih berada pada tingkat pelayanan rendah. Pada hari kerja, tundaan tertinggi terjadi di pendekat barat sebesar 112,54 detik (LOS F) dan terendah di selatan 51,54 detik (LOS E). Pada akhir pekan, tundaan tertinggi kembali muncul di barat sebesar 98,45 detik (LOS F) dan terendah di selatan 41,26 detik (LOS E). Simulasi VISSIM menguatkan temuan ini, dengan seluruh pendekat berada pada LOS F, mencatat tundaan hingga 144,7 detik pada hari kerja dan 134,3 detik pada akhir pekan. Penyesuaian waktu hijau menurunkan antrian dan tundaan, misalnya di utara dari 512,5 m menjadi 254,69 m dan dari 144,7 detik menjadi 80,97 detik, namun peningkatan kinerja belum signifikan karena sebagian besar pendekat tetap berada pada LOS F. Untuk perbaikan lanjutan, diperlukan survei lalu lintas satu minggu penuh, simulasi skenario pengaturan sinyal alternatif, serta kajian menyeluruh terhadap kondisi geometrik simpang karena optimasi waktu sinyal saja belum memadai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Kota Denpasar, “Kota Denpasar Dalam Angka Tahun 2025,” vol. 33, p. 282, 2025.
- [2] A. Šarić, S. Sulejmanović, S. Albinović, M. Pozder, and Ž. Ljevo, “The Role of Intersection Geometry in Urban Air Pollution Management,” *Sustain.*, vol. 15, no. 6, 2023, doi: 10.3390/su15065234.
- [3] H. Dwi and D. Haidar Nur, “13 Jurnal Teknik Sipil -Arsitektur Volume 23 No. 1, Mei 2024,” vol. 23, no. 1, pp. 13–18, 2024.
- [4] H. Kristiyanto and Suryanto, “Traffic Light Perempatan Monumen Yogya,” vol. XIII, no. 1, pp. 66–74, 2018.
- [5] M. Rui, Y. NISHIHORI, H. KATO, and ANDO Ryosuke, “Traffic Signal Optimization Models Minimizing Vehicles’ Average Delay in an Isolated Signalized Intersection,” 2021.
- [6] S. Astuti, R. Manalu, E. Simamora, E. Ulina, and B. Hombing, “SIMPANG EMPAT UNIMED MMTC MEDAN ANALYSIS OF FACTORS CAUSED BY TRAFFIC CONSTRUCTION AT THE,” vol. 1, pp. 3421–3429, 2024.
- [7] F. Sholahudin, Y. M. Muna, and M. A. Istianti, “Manajemen Kecepatan Kendaraan di Ruas Jalan MT Haryono, Kota Semarang, Jawa Tengah,” *Prax. J. Sains, Teknol. Masy. dan Jejaring*, vol. 7, no. 2, pp. 139–149, 2025, doi: 10.24167/praxis.v7i2.12786.
- [8] M. Ramzy, B. Rahardjo, and B. Supriyanto, “Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Di Kota Malang Menggunakan Pkji 2023 (Studi Kasus: Simpang Dieng Malang),” *J. Inov. Teknol. dan Edukasi Tek.*, vol. 4, no. 7, p. 4, 2024, doi: 10.17977/um068.v4.i7.2024.4.
- [9] N. Putu and R. Anggayeni, “DENGAN MOKROSIMULASI PTV VISSIM (STUDI KASUS : TAMAN SARI MARKET , KUTA UTARA , BADUNG) Lokasi penelitian ini berada di Simpang Taman Sari Kelurahan Kerobokan Kelod ,” no. November, pp. 10–11, 2023.

- [10] C. Sivasanthosh, "Design of Traffic Intersection," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 11, no. 4, pp. 2610–2619, 2023, doi: 10.22214/ijraset.2023.50667.
- [11] D. Aditya and A. Utami, "Analisis Manajemen Lalu Lintas Kinerja Simpang Bersinyal Berdasarkan Pkji 2014 (Studi Kasus Jl. Ciputat Raya, Pondon Pinang)," vol. 8, no. 1, pp. 22–29, 2024, [Online]. Available: https://ejurnal.poliban.ac.id/index.php/Teknik_Sipil/issue/view/141
- [12] Direktorat Jenderal Bina Marga, "Panduan Kapasitas Jalan Indonesia 2023," *Pandu. Kapasitas Jalan Indones.*, p. 68, 2023.
- [13] J. Jithender and A. Mehar, "Estimation of Queue Length at Signalized Intersection under Non-Lane Based Traffic Conditions," *Period. Polytech. Transp. Eng.*, vol. 51, no. 1, pp. 31–39, 2023, doi: 10.3311/PPtr.17454.
- [14] Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96, "PM No 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas," *Jakarta*, pp. 1–45, 2015.
- [15] Kadek Wiarni Devi, Budi Mardikawati, and Aswin Badarudin Atmajaya, "Pengaruh Geometri Dan Konfigurasi Sinyal Terhadap Kinerja Simpang Dengan Pendekatan Pkji 2023 Dan Ptv Vissim," *J. Ilm. Kurva Tek.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–10, 2024, doi: 10.36733/jikt.v13i1.9027.
- [16] H. Al-Msari, S. Koting, A. N. Ahmed, and A. El-shafie, "Review of driving-behaviour simulation: VISSIM and artificial intelligence approach," *Heliyon*, vol. 10, no. 4, p. e25936, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e25936.
- [17] I. M. Karyana, I. N. Agus, T. Yanta, and T. H. Pamungkas, "ANALISIS KINERJA RUAS JALAN TUKAD GANGGA DAN JALAN TUKAD YEH AYA MENGGUNAKAN PKJI 2023," vol. 16, no. 02, pp. 8–22, 2024.
- [18] S. Khademi, J. C. Williams, and B. Paschai, "IJERT-VISSIM Calibration and Validation: Case Study of Freeway Weaving Segment," *IJERT J. Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 10, no. 07, pp. 362–379, 2021, [Online]. Available: www.ijert.org
- [19] F. Tohom, I. D. Prasetyaningsih, and S. Hadi, "VISSIM-Based assessment of road performance under proposed bicycle lane scenarios: Case study Adi Sumarno Road in Karangayar," *BIS Energy Eng.*, vol. 2, p. V225016, 2025, doi: 10.31603/biseeng.356.
- [20] D. F. Berlianti, A. Al Abid, and A. C. Ruby, "Metode Penelitian Kuantitatif Pendekatan Ilmiah untuk Analisis Data," *J. Rev. Pendidik. dan Pengajaran*, vol. 7, no. 3, pp. 1861–1864, 2024.