Jurnal
Talenta Sipil

Vol 9, No 2 (2026): Agustus, 1278-1289
Publisher by Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Batanghari
ISSN 2615-1634 (Online), DOI 10.33087/talentasipil.v9i2.1508

Perencanaan Penerapan Simpang Ber-APILL dengan Pendekatan PKJI 2023 Dan VISSIM (Studi Kasus: Simpang 4 Jalan Raya Mataram-Tanjung)

Mauliddah Alaras*, Titik Wahyuningsih, Aulia Muttaqin
Universitas Muhammadiyah Mataram, Jl. KH. Ahmad Dahlan No. 1, Pagesangan,
Kec. Mataram, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115, Indonesia

ARTICLE INFO

Kata Kunci:
Simpang; APILL; PKJI; VISSIM; Konflik.

Correspondence email:
mauliddahalaras06@gmail.com

Submitted: 21 Juli 2026
Revised: 29 Juli 2026
Accepted: 01 Agustus 2026
Published: 03 Agustus 2026

ABSTRAK

Simpang 4 Lendang Bajur merupakan salah satu simpang yang menghubungkan Kota Mataram dengan kawasan wisata Senggigi dan Lombok Utara sehingga memiliki volume lalu lintas yang cukup tinggi, terutama pada jam puncak. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan konflik pergerakan kendaraan yang dapat menurunkan kinerja simpang. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja simpang eksisting serta mengevaluasi perencanaan penerapan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan perangkat lunak PTV VISSIM. Metode penelitian diawali dengan survei volume lalu lintas dan pengukuran geometrik simpang, kemudian dilakukan analisis kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, serta perencanaan waktu siklus APILL berdasarkan PKJI 2023. Hasil perencanaan selanjutnya dimodelkan menggunakan PTV VISSIM untuk mengevaluasi kondisi operasional simpang setelah penerapan APILL. Hasil analisis menunjukkan bahwa waktu siklus optimum yang diperoleh adalah 49 detik dengan tundaan rata-rata berkisar antara 21,26-34,21 detik per kendaraan. Hasil simulasi PTV VISSIM menunjukkan bahwa beberapa pergerakan kendaraan masih mengalami tundaan yang relatif tinggi akibat karakteristik pergerakan kendaraan dan kondisi operasional simpang. Perbedaan hasil antara PKJI 2023 dan PTV VISSIM disebabkan oleh perbedaan pendekatan analisis yang digunakan, sehingga kedua metode memberikan informasi yang saling melengkapi dalam mengevaluasi kinerja simpang. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan penerapan APILL pada simpang dengan karakteristik lalu lintas yang serupa.

Keywords:
Intersections; APILL; PKJI; VISSIM; Conflict.

ABSTRACT

The Lendang Bajur Four-Leg Intersection is one of the main intersections connecting Mataram City with the Senggigi tourism area and North Lombok, resulting in relatively high traffic volumes, particularly during peak hours. These conditions may increase traffic conflict and reduce intersection performance. This study aims to analyze the existing intersection performance and evaluate the implementation of a traffic signal system using the Indonesian Highway Capacity Manual (PKJI 2023) and PTV VISSIM simulation software. The research began with traffic volume surveys and geometric measurements, followed by analyses of capacity, degree of saturation, delay, and signal cycle time based on PKJI 2023. The proposed signal timing was subsequently modeled using PTV VISSIM to evaluate the operational performance of the intersections. The analysis produced an optimum signal cycle time of 49 seconds, with an average approach delay ranging from 21.26 to 34.21 seconds per vehicle. The VISSIM simulation indicated that several traffic movements still experienced relatively high vehicle delays due to traffic movement characteristics and operational conditions at the intersections. The differences between PKJI 2023 and PTV VISSIM results are attributed to their different analytical approaches, indicating that both methods complement each other in evaluating intersection performance. The findings are expected to provide a reference for planning signalized intersections with similar traffic characteristics.

PENDAHULUAN

Simpang 4 Lendang Bajur Kec. Gunung Sari Kab. Lombok Barat adalah ruas jalan arteri primer penghubung antara Kota Mataram dengan wilayah pariwisata Senggigi dan Kawasan utama Pulau Lombok Utara. Persimpangan jalan (intersection) adalah simpul dalam jaringan sistem transportasi di mana tempat terjadinya konflik lalu lintas yang memiliki dua atau lebih ruas jalan yang bertemu, berpotongan, ataupun bersilang (Efendy & Wahyuningsih, 2024). Simpang ini juga merupakan simpang tidak Ber-APILL yang saat ini masih mengandalkan pengaturan manual oleh

masyarakat setempat (Padmini, 2025). Persimpangan menjadi salah satu bagian penting dari transportasi yang perlu diperhatikan untuk mengatur dan melancarkan arus lalu lintas (Ramzy dkk, 2025). Konflik lalu lintas dibedakan menjadi dua, yaitu konflik primer konflik yang terjadi antara arus kendaraan dari arah yang saling memotong langsung dan konflik sekunder muncul akibat interaksi antara arus yang tidak memotong langsung, seperti antara kendaraan yang berbelok kanan dengan arus lalu lintas lainnya (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023).

Berdasarkan hasil penelusuran terhadap penelitian-penelitian terdahulu, hingga saat ini belum ditemukan kajian yang secara khusus menganalisis kinerja Simpang 4 Jalan raya Mataram-Tanjung menggunakan pendekatan PKJI 2023 dan pemodelan mikrosimulasi PTV VISSIM. Permasalahan tersebut menunjukkan perlunya upaya perbaikan kinerja simpang guna meningkatkan kelancaran lalu lintas dan keselamatan, khususnya di Simpang 4 Lendang Bajur. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah mengubah pengendalian lalu lintas dari tidak Ber-APILL menjadi simpang dengan APILL. Melalui penelitian ini kinerja lalu lintas dapat diperoleh dengan melakukan analisis kapasitas, kecepatan volume, dan kepadatan nantinya dapat menentukan tingkat pelayanan jalan (Suartawan dkk, 2022).

Penggunaan metode PKJI 2023 dapat digunakan untuk merencanakan waktu siklus yang sesuai dengan karakteristik arus lalu lintas pada simpang (Pangaribuan, 2025). Selain penggunaan PKJI 2023, metode yang mampu untuk memodelkan kondisi lalu lintas pada simpang dan efektivitas skenario yang dilakukan dalam hal ini perangkat lunak VISSIM menjadi pilihan yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur peningkatan kinerja simpang setelah pemasangan APILL serta menentukan siklus optimal yang dapat meminimalkan kemacetan dan meningkatkan keselamatan pengguna jalan.

METODE

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis kinerja simpang dengan mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan didukung oleh simulasi perangkat lunak PTV VISSIM. Tahapan penelitian meliputi identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis kondisi eksisting, proses pemodelan dan kalibrasi, penerapan berbagai skenario rekayasa lalu lintas, serta evaluasi hasil analisis. Tahap awal penelitian diawali dengan kegiatan survei pendahuluan di Simpang 4 Lendang Bajur untuk memperoleh informasi mengenai kondisi geometrik jalan, jumlah lengan simpang, lebar efektif setiap pendekat, serta tingkat hambatan samping yang terjadi. Pengukuran lebar lajur dilakukan menggunakan roll meter dengan panjang segmen pengamatan ditetapkan sejauh 100 meter dari garis henti imajiner pada masing-masing pendekat simpang. Data volume lalu lintas dikumpulkan selama satu hari. Pengamatan dilakukan pada empat periode jam puncak, yaitu pukul 06.00-09.00 WITA, 11.00-14.00 WITA, 15.00-18.00 WITA dan 19.00-22.00 WITA. Data lalu lintas yang telah diperoleh kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis kendaraan, meliputi sepeda motor, mobil penumpang (MP) sesuai ketentuan yang tercantum dalam PKJI 2023. Setelah nilai kapasitas simpang diperoleh, dilakukan analisis beberapa parameter kinerja antara lain derajat kejenuhan (DJ), tundaan rata-rata kendaraan (T), serta peluang antrean (Pa).

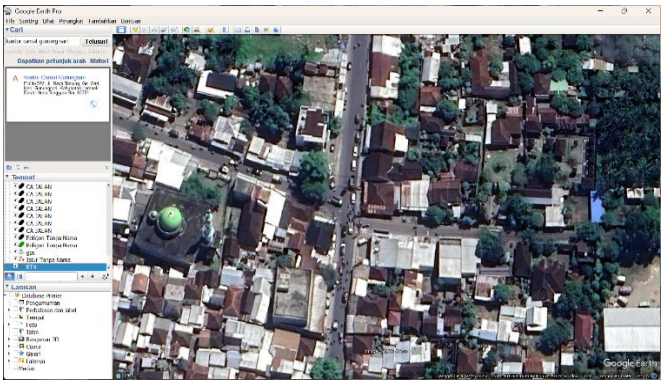
Penggunaan perangkat lunak VISSIM dapat memudahkan perencana ketika melakukan perencanaan dalam mengatasi kemacetan pada simpang dengan mengubah sebuah simpang yang tidak bersinyal menjadi simpang yang bersinyal (Pratama & Yusuf, 2025). Data yang diambil dari hasil survei lapangan kemudian dilakukan analisis menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 (Nugraha dkk., 2026). Tahapan input data pada software ini meliputi pemodelan grafik simpang, input data volume kendaraan, pengaturan kondisi operasional simpang, penentuan data *collection, vehicle routes,* membuat *signal controller*, mengatur *signal groups*, menempatkan *signal group*, dan *running simulation* (Ariyani dkk, 2026). Dengan demikian, rekomendasi pengelolaan simpang yang dihasilkan menjadi lebih akurat dan efektif.

HASIL

Analisis dilakukan untuk mengevaluasi kondisi eksisting simpang serta mengkaji dampak perencanaan penerapan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) terhadap kinerja simpang. Parameter yang dianalisis meliputi kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrean, dan tingkat pelayanan. Hasil analisis tersebut selanjutnya dibahas untuk menilai efektivitas penerapan APILL dalam meningkatkan kinerja operasional simpang.

Pengumpulan data pada penelitian ini bertujuan mendapatkan data sekunder dan data primer agar penelitian ini memperoleh data sesuai kondisi yang ada (Ashar dkk, 2024). Data primer meliputi data volume lalu lintas, geometrik jalan, kecepatan rata-rata, kondisi lingkungan, perilaku pengemudi, panjang antrean dan tundaan (Firdaus & Fauziah, 2024), sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait dan literatur pendukung. Data-data tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis kapasitas dan kinerja simpang berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 serta pemodelan menggunakan perangkat lunak VISSIM.

Simpang 4 Lendang Bajur terdiri dari empat lengan dengan karakteristik geometri yang berbeda-beda, di mana tidak terdapat kesamaan ukuran di antara keempat lengan tersebut. Keberadaan area komersial dan permukiman yang padat juga turut berkontribusi pada peningkatan kepadatan lalu lintas di kawasan ini.



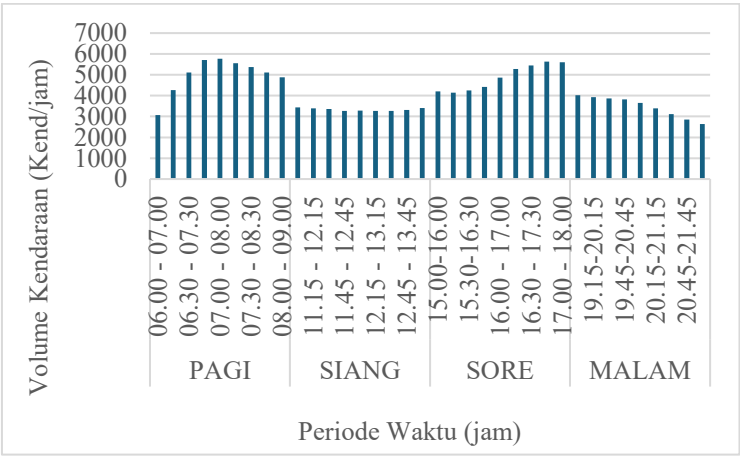
Gambar 1. Lokasi Penelitian

Sumber: Google Earth (2026)

Gambar 2. Sketsa Kondisi Geometri Simpang 4 Lendang Bajur

Sumber: Hasil Survei (2026)

Pengumpulan data lalu lintas dilakukan melalui survei lapangan yang dilaksanakan pada hari Rabu 13 Mei 2026. Observasi dilakukan selama rentang waktu 16 jam, yaitu mulai pukul 06.00-22.00 WITA. Berdasarkan hasil pengamatan yang diperoleh, volume lalu lintas tertinggi atau periode puncak terjadi pada pukul 07.00-08.00 WITA.



Gambar 3. Grafik Fluktuasi Volume Lalu Lintas

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan grafik volume lalu lintas harian pada Gambar 3, terlihat bahwa arus kendaraan mengalami fluktuasi sepanjang periode pengamatan. Pada periode (06.00-09.00 WITA) volume kendaraan meningkat secara bertahap dan mencapai jam puncak pada pukul 07.00-08.00 WITA, dengan volume lalu lintas tertinggi dibandingkan interval waktu lainnya.

Data geometri pada lokasi penelitian digunakan sebagai dasar perhitungan kapasitas dan analisis kinerja simpang berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023.

Tabel 1. Lebar Pendekat Simpang

Geometrik Jalan	Jalan Raya Mataram-Tanjung (S)	Jalan Raya Mataram-Tanjung)	Jalan Pariwisata (B)	Jalan Majapahit (T)
Lebar Jalan	6,40	9,04	4,80	3,80
Lebar Masuk	6,40	9,04	4,80	3,80
Lebar Keluar	6,40	9,04	4,80	3,80

Sumber: Hasil survei Lapangan (2026)

Data geometri yang disajikan berikut merupakan pengukuran aktual di lapangan pada masing-masing lengan simpang. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui variasi dimensi dan karakteristik fisik simpang sebagai dasar dalam analisis kinerja simpang.

Pembahasan

Volume Kendaraan

Volume kendaraan yang diperoleh dari hasil survei kemudian dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang (SMP/jam) menggunakan nilai ekivalensi mobil penumpang (EMP) sesuai ketentuan yang berlaku. Hasil rekapitulasi volume kendaraan pada kondisi maksimum untuk masing-masing lengan dan arah pergerakan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Volume Kendaraan pada Kondisi Maksimum

Lengan		MP, EMP=	1	KS, EMP=	1,8	SM, EMP=	0,2	qkb Total	
		Kend/jam	SMP/jam	Kend/jam	SMP/jam	Kend/jam	SMP/jam	Kend/jam	SMP/jam
Jalan Mayor dari pendekat A	q Bki	27	27	13	23	604	121	644	171,2
	q Lrs	197	197	53	95	824	165	1074	457,2
	qBka	118	118	16	29	76	15	210	162
	Total	342	342	82	148	1504	301	1928	790,4
Jalan mayor dari pendekat B	q Bki	5	5	0	0	89	18	94	22,8
	q Lrs	114	114	7	13	1190	238	1311	364,6
	qBka	3	3	1	2	100	20	104	24,8
	Total	122	122	8	14,4	1379	275,8	1509	412,2
Total jalan minor, qmi		464	464	2	162	2883	577	3437	1202,6
Jalan Minor dari pendekat C	qBki	26	26	2	4	351	70	379	99,8
	qLrs	76	76	2	4	585	117	663	196,6
	qBka	29	29	22	40	477	95	528	164
	Total	131	131	26	47	1413	283	1570	460,4
Jalan Minor dari pendekat D	qBki	6	6	0	0	134	27	140	32,8
	qLrs	21	21	0	0	478	96	499	116,6
	qBka	6	6	2	4	111	22	119	31,8
	Total	33	33	2	4	723	145	758	181,2
Total jalan mayor, qma		164	164	28	50	2136	427	2328	641,6
Total dari jalan minor dan jalan mayor	qBki	64	64	15	27	1178	236	1257	326,6
	qLrs	408	408	62	112	3077	615	3547	1135
	qBka	156	156	41	74	764	153	961	382,6
qtotal = qmi + qma=		628	628	118	212	5019	1004	5765	1844,2

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan Tabel 2, hasil survei pada kondisi jam puncak menunjukkan bahwa volume lalu lintas tertinggi berasal dari kendaraan sepeda motor (SM) dengan total sebanyak 5.019 kendaraan/jam atau setara dengan 1.004 SMP/jam. Selanjutnya, kendaraan mobil penumpang (MP) sebanyak 628 kendaraan/jam atau 628 SMP/jam, sedangkan kendaraan sedang (KS) memiliki volume paling rendah yaitu 118 kendaraan/jam atau 212 SMP/jam. Secara keseluruhan, total volume lalu lintas pada jam puncak mencapai 5.765 kendaraan/jam atau setara dengan 1.844,2 SMP/jam.

Kondisi Eksisting

Untuk menentukan kapasitas dan kinerja simpang, terlebih dahulu dilakukan identifikasi karakteristik geometrik simpang yang meliputi jumlah simpang, lebar pendekat pada jalan minor dan jalan mayor, jumlah lajur, serta tipe simpang.

Tabel 3. Perhitungan lebar Pendekat dan Tipe Simpang

Jumlah Lengan Simpang	Lengan Pendekat, m						LRP	Jumlah Lajur		Tipe Simpang
	Jalan Minor			Jalan Mayor				Jalan Minor	Jalan Mayor	
	LC	LD	LCD	LB	LA	LBA				
4	4,8	3,8	4,3	9,04	6,4	7,72	6,01	2	2	422

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan Tabel 3, Lokasi penelitian merupakan simpang empat tipe 422 dengan 2 lajur pada mayor dan jalan minor. Lebar pendekat jalan minor berkisar antara 3,8-4,8, sedangkan jalan mayor antara 6,4-9,04 m. Karakteristik geometrik tersebut digunakan dalam analisis kapasitas dan kinerja simpang.

Selanjutnya adalah menghitung kapasitas simpang dengan mempertimbangkan faktor-faktor penyesuaian yang memengaruhi kinerja lalu lintas. Faktor tersebut meliputi lebar pendekat, tipe jalan mayor, ukuran kota, hambatan samping, proporsi kendaraan belok kiri dan belok kanan, serta rasio arus jalan minor terhadap arus total.

Tabel 4. Kapasitas Dasar dan Perilaku Lalu Lintas

Kapasitas dasar	Kinerja lalu lintas							Kapasitas
C0	Lebar rata-rata pendekat	v jalan mayor	Ukuran kota	Hambatan samping	Belok kiri	Belok kanan	Rasio minor/ Total	C
SMP/jam	FLP	FM	FUK	FHS	FBKi	FBKa	FRmi	SMP/jam
2.900	1,2205	1	1	0,94	1,1251	1,00	0,9200	3.237

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan tabel, diperoleh kapasitas dasar sebesar 2.900 SMP/jam dan setelah dikalikan dengan faktor-faktor penyesuaian menghasilkan kapasitas simpang (C) sebesar 3.237 SMP/jam. Nilai kapasitas tersebut menunjukkan kemampuan simpang dalam melayani arus lalu lintas pada kondisi eksisting dan selanjutnya digunakan dalam analisis derajat kejenuhan serta tingkat pelayanan simpang.

1. Menentukan penetapan lebar rata-rata pendekat dan faktor koreksi lebar pendekat (FLP)
   Faktor koreksi lebar pendekat rata-rata

$$\begin{aligned} FLP &= 0,7 + 0,866 \times LRP \\ &= 0,7 + 0,086 \times 6,01 \\ &= 1,2205 \end{aligned} \quad (1)$$

2. Faktor koreksi median jalur mayor
   Pada jalan mayor Simpang 4 Lendang Bajur tidak terdapat median sehingga nilai faktor koreksinya adalah 1
3. Faktor koreksi ukuran kota (FUK)
   Faktor penyesuaian ukuran kota merupakan salah satu faktor koreksi perhitungan yang didasari oleh jumlah penduduk pada kota tersebut (Budiastawa, 2025). Jumlah penduduk Kab. Lombok Barat yaitu sebanyak 0,74858 juta jiwa, sehingga diperoleh faktor koreksi ukuran kota sebesar 1,00.
4. Faktor koreksi hambatan samping (FHS)
   Simpang 4 Lendang Bajur termasuk ke dalam tipe lingkungan komersial. Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang tidak terlalu terganggu dan berkurang akibat aktivitas samping jalan di sepanjang pendekat. Dengan demikian, hambatan samping pada simpang ini dikategorikan sedang. Nilai FHS yang diperoleh adalah 0,94.
5. Faktor koreksi belok kiri (FBKi)
   Untuk menentukan nilai faktor belok kiri dibutuhkan nilai RBKi sebesar 0,18. RBKi adalah rasio arus belok kiri atau perbandingan arus kendaraan yang berbelok dengan arus total pada simpang (Wardana, 2024).

$$\begin{aligned} FBKi &= 0,84 + 1,61 \times RBKi \\ &= 0,84 + 1,61 \times 0,18 \\ &= 1,1251 \end{aligned} \quad (2)$$

6. Faktor koreksi belok kanan (FBKa)
   FBKa dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2) berikut.

$$\text{Untuk Simpang-4: } FBKa = 1,0 \quad (3)$$

7. Faktor koreksi arus jalan minor (FMI)
   Simpang 4 Lendang Bajur merupakan tipe simpang 422. Dalam analisis menggunakan tabel PKJI 2023, didapat nilai RMI sebesar 0,652, sehingga nilai FMI dihitung menggunakan rumus

$$FMI = 1,19 \times RMI^2 - 1,19 \times RMI + 1,19 \quad (4)$$

$= (1{,}19 \times 0{,}652^2) - (1{,}19 \times 0{,}652) + 1{,}19$
$= 0{,}9200$

8. Menghitung kapasitas simpang (C)
   Perhitungan dan analisis kapasitas dilakukan untuk setiap arah berdasarkan lalu lintas saat ini di setiap arah dilakukan selama satu jam pada waktu desain dan lalu lintas puncak (Karyana dkk, 2024).

$$C = Co \times FLP \times FM \times FUK \times FHS \times FBKi \times FBKa \times FMI \quad (5)$$
$$= 2.900 \times 1{,}220 \times 1 \times 1 \times 0{,}94 \times 1{,}1251 \times 1 \times 0{,}9200$$
$$= 3.237 \text{ SMP/jam}$$

Nilai-nilai tersebut digunakan untuk mengevaluasi tingkat pelayanan dan kondisi operasional simpang pada jam puncak.

Tabel 5. Kinerja Simpang

Arus lalu	Kinerja lalu lintas						Sasaran	
SMP/jam	DJ	TLL	TLLma	TLLmi	TG	T=TLL+TG	Pa	
1844,2	0,570	6,491	4,898	7,340	5,887	12,378	13,783	29,610

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh volume lalu lintas dengan derajat kejenuhan (DJ) sebesar 0,570. Nilai tundaan total simpang sebesar 12,378 detik/kendaraan dan peluang antrean (PA) berkisar antara 13,783%-29,610%. Menetapkan kinerja lalu lintas:

1. Menghitung derajat kejenuhan (DJ)

$$DJ = q / c \quad (6)$$
$$= 1844{,}2 / 3.237$$
$$= 0{,}570$$

2. Menghitung tundaan lalu lintas (T)
   a. Tundaan lalu lintas simpang (TLL)

$$TLL = 2 + 2{,}078 \times DJ - (1 - DJ)^2 \quad (7)$$
$$= 2 + 2{,}078 \times 0{,}570 - (1 - 0{,}570)^2$$
$$= 6{,}491 \text{ detik/SMP}$$

   b. Tundaan lalu lintas untuk jalan mayor (TLLma)

$$TLLma = 1{,}8 + 5{,}8234 \times DJ - (1 - DJ)^2 1{,}8 \quad (8)$$
$$= 1{,}8 + 5{,}8234 \times 0{,}570 - (1 - 0{,}570)^2 1{,}8$$
$$= 4{,}898 \text{ detik/SMP}$$

   c. Tundaan lalu lintas untuk jalan minor (TLLmi)

$$TLLmi = (qkb \times TLL - qma \times TLLma) / qmi \quad (9)$$
$$= (1844{,}2 \times 6{,}491 - 641{,}6 \times 4{,}898) / 1202{,}6$$
$$= 7{,}340 \text{ detik/SMP}$$

   d. Tundaan geometrik simpang (TG)
   Nilai DJ<1, sehingga TG dihitung menggunakan rumus

$$TG = (1 - DJ) \times \{6\ RB + 3\ (1 - RB)\} + 4\ DJ \quad (10)$$
$$= (1 - 0{,}570) \times \{6 \times 0{,}38 + 3\ (1 - 0{,}38)\} + 4 \times 0{,}570$$
$$= 5{,}887 \text{ detik/SMP}$$

   e. Tundaan simpang (T)
   Setelah seluruh perhitungan tundaan selanjutnya dilakukan perhitungan tundaan simpang dengan rumus

$$T = TLL + TG \quad (11)$$
$$= 6{,}491 + 5{,}887$$
$$= 12{,}378 \text{ detik/SMP}$$

Perencanaan Penerapan APILL

Mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, salah satu alternatif penanganan untuk meningkatkan kinerja simpang adalah melalui pemasangan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) (Lesmana dkk., 2023). Penerapan APILL bertujuan untuk mengatur pergerakan kendaraan secara lebih efektif sehingga kapasitas dan tingkat pelayanan simpang dapat ditingkatkan. Pada penelitian ini, skenario yang dianalisis meliputi pemasangan APILL dengan pengaturan tiga fase yang dikombinasikan dengan pelebaran jalan tiap lengan simpang

1. Perhitungan Arus Lalu Lintas Jam Sibuk
   Sebagai dasar dalam analisis kinerja simpang, dilakukan identifikasi karakteristik arus lalu lintas pada setiap lengan simpang berdasarkan arah pergerakan kendaraan yang melintas. Data hasil survei kemudian dikonversi ke

dalam satuan mobil penumpang (SMP) menggunakan faktor ekivalensi sesuai Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023.

Tabel 6. Volume Jam Puncak Tinggi

Kode Pendekatan	Arah	MP	KS	SM	Kendaraan	SMP/jam
(S)	BKI/BKIJT	27	13	604	644	134,5
	LURUS	197	53	824	1074	595,5
	BKA	118	16	76	210	169,2
	TOTAL	342	82	1504	1928	899,2
(U)	BKI/BKIJT	5	0	89	94	18,35
	LURUS	114	7	1190	1311	599,1
	BKA	3	1	100	104,00	44,3
	TOTAL	122	8	1379	1509	661,75
(B)	BKI/BKIJT	26	2	351	379	81,25
	LURUS	76	2	585	663	312,6
	BKA	29	22	477	528	248,4
	TOTAL	131	26	1413	1570	642
(T)	BKI/BKIJT	6	0	134	140	26,1
	LURUS	21	0	478	499	212,2
	BKA	6	4	111	120,6	55,08
	TOTAL	33	4	723	760	293

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan hasil rekapitulasi volume lalu lintas pada tabel, diketahui bahwa lengan Selatan memiliki volume lalu lintas tertinggi sebesar 899.2 SMP/jam, diikuti oleh lengan Utara sebesar 661.75 SMP/jam, lengan Barat sebesar 642 SMP/jam, dan lengan Timur sebesar 293 SMP/jam. Selain itu pergerakan lurus merupakan pergerakan yang paling dominan pada sebagian besar lengan simpang, khususnya pada lengan Utara dan Selatan.

2. Penentuan Isyarat

Tahap awal dalam analisis simpang bersinyal adalah menentukan nilai arus jenuh dasar (J0) pada setiap pendekat. Perhitungan arus jenuh dasar dilakukan berdasarkan karakteristik geometrik pendekat, khususnya lebar efektif dan tipe pendekat, sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023.

Tabel 7. Perhitungan Arus Jenuh Dasar

Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Lebar Efektif	Arus Jenuh Dasar (J0)
S	Terlindung (P)	6,40	3.840
U	Terlindung (P)	9,04	5.424
B	Terlindung (P)	4,80	2.280
T	Terlindung (P)	3,80	2.880

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Pendekat Utara menghasilkan nilai arus jenuh dasar terbesar, yaitu 5.424 SMP/jam, sedangkan pendekat barat memiliki nilai terkecil sebesar 2.280 SMP/jam. Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa kapasitas dasar suatu pendekat sangat dipengaruhi oleh kondisi geometriknya, terutama lebar efektif yang tersedia untuk melayani pergerakan lalu lintas.

Nilai arus jenuh dasar yang telah diperoleh selanjutnya disesuaikan dengan faktor-faktor koreksi yang merepresentasikan kondisi operasional lalu lintas di lapangan. Faktor penyesuaian yang digunakan meliputi faktor hambatan samping (FHS), faktor ukuran kota (FUK), faktor kelandaian (FG), faktor parkir (FP), serta faktor penyesuaian akibat pergerakan belok kiri dan belok kanan.

Tabel 8. Perolehan Nilai Arus Jenuh

J0 (SMP/jam)	Selatan	Utara	Barat	Timur
FHS	0,94	0,94	0,94	0,94
FUK	0,94	0,94	0,94	0,94
FG	1,00	1,00	1,00	1,00
FP	1,00	1,00	1,00	1,00
Fbki	0,92	0,97	0,92	0,98
Fbka	1,25	1,10	1,05	1,10
J (SMP/jam)	1.950,989	2.556,877	1.085,503	1.143,025

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Pendekat utara menghasilkan nilai arus jenuh tertinggi sebesar 2556.877 SMP/jam, diikuti oleh pendekat Selatan sebesar 1950.989 SMP/jam, pendekat timur sebesar 1143.025 SMP/jam, dan pendekat barat sebesar 1085.503 SMP/jam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik geometrik dan kondisi operasional pada masing-masing pendekat memberikan pengaruh terhadap kemampuan pendekat dalam melayani arus lalu lintas. Nilai arus jenuh yang diperoleh selanjutnya digunakan dalam perhitungan kapasitas dan evaluasi kinerja simpang bersinyal pada skenario yang dianalisis.

3. Rasio Arus

Rasio arus diperoleh dari perbandingan antara volume lalu lintas dengan arus jenuh pada setiap pendekat, sedangkan rasio fase digunakan untuk menentukan proporsi rasio arus dan rasio fase untuk setiap pendekat.

Tabel 9. Perhitungan Rasio Fase dan Rasio Arus

Kode Pendekat	Volume Lalu lintas	Arus Jenuh	Rasio Arus	Rasio Fase
Selatan	134,5	3.901,978	0,034	0,397
Utara	18,35	5.113,754	0,004	0,041
Barat	81,25	2.493,873	0,010	0,120
Timur	26,1	2.115,338	0,038	0,442
	∑R Kritis		**0,087**	

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan nilai tersebut, rasio fase terbesar terdapat pada pendekat Timur sebesar 0,442, diikuti oleh pendekat 0,397. Hasil perhitungan rasio arus dan rasio fase ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penentuan waktu siklus dan pembagian waktu hijau pada masing-masing fase sinyal sehingga pengoperasian simpang bersinyal dapat berlangsung secara lebih efektif dan efisien.

4. Waktu Siklus

Pengaturan sinyal meliputi waktu hijau, waktu kuning, waktu merah, serta all-red yang dihitung berdasarkan waktu siklus yang telah ditentukan

Tabel 10. Data Lampu Lalu Lintas

Kode Pendekat	Waktu Hijau (detik)	Waktu Kuning (detik)	Waktu Merah (detik)	*All-Red* (detik)	Siklus Waktu (detik)
Selatan	8,237	3,00	24,00	2,127	45,00
Utara	0,857	3,00	32,00	2,964	45,00
Barat	2,500	3,00	23,00	4,164	45,00
Timur	9,178	3,00	30,00	4,669	45,00

Sumber: Hasil Analisis (2026)

a. Menentukan waktu hijau
   Waktu hijau diperoleh menggunakan rumus
   WH= (waktu hijau per fase + total waktu kuning) (12)
b. Menentukan waktu kuning
   Penentuan waktu kuning berdasarkan PKJI 2023 biasanya ditetapkan 3 hingga 5 detik per fase.
c. Menentukan waktu merah diperoleh dengan rumus
   WM= waktu siklus – (waktu h + total waktu kuning) (13)
d. Menentukan waktu merah semua (*All-red*)
   WMS= jarak berangkat – jarak datang (14)
e. Menentukan waktu siklus
   S = (1,5 x WHH + 5) / (1-∑Rq kritis) (15)
   = (1,5 x 23,797 + 5) / (1-0,87)
   = 45,00 detik

5. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Perhitungan ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat pelayanan lalu lintas yang dihasilkan dari penerapan APILL tiga fase yang dikombinasikan dengan pelebaran setiap lengan simpang

Tabel 11. Hasil Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Kode Pendekat	Volume Lalu lintas	Kapasitas	Derajat Kejenuhan
Selatan	134,5	721,00	0,19
Utara	18,35	98,38	0,19
Barat	81	139,93	0,19
Timur	26	435,61	0,19

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Nilai derajat pada seluruh pendekat sebesar 0,19, nilai tersebut menunjukkan bahwa kapasitas yang tersedia masih mampu melayani volume lalu lintas yang ada dengan tingkat kejenuhan yang relatif rendah. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa penerapan APILL tiga fase yang disertai pelebaran jalan pada setiap lengan simpang mampu meningkatkan kinerja simpang sehingga arus lalu lintas dapat terlayani dengan baik pada seluruh pendekat.

6. Panjang Antrean dan Tundaan Simpang

Setelah diperoleh parameter waktu sinyal, dilakukan perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan pada masing-masing pendekat simpang. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat pelayanan simpang setelah diterapkannya skenario pemasangan APILL tiga fase.

Tabel 12. Hasil Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Kode Pendekat	Nq	Lebar Masuk	Panjang Antrean
Selatan	1,49	6,40	4,67
Utara	0,31	9,04	0,69
Barat	1,40	4,80	2,09
Timur	0,92	3,80	3,83

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Nilai yang diperoleh mencerminkan kemampuan setiap pendekat dalam melayani arus lalu lintas berdasarkan kondisi geometrik dan pengaturan sinyal yang diterapkan. Hasil tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis tundaan untuk mengevaluasi kinerja operasional simpang secara keseluruhan.

7. Tundaan

Merupakan salah satu indikator utama dalam penilaian kinerja simpang bersinyal karena menggambarkan tingkat hambatan yang dialami kendaraan saat melintas simpang. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan tundaan lalu lintas, tundaan geometrik, dan tundaan total pada setiap pendekat berdasarkan ketentuan PKJI 2023.

Tabel 13. Tundaan Simpang

Kode Pendekat	Kapasitas (C)	Tundaan Lalu Lintas	Tundaan Geometrik	Tundaan Rata-rata	Tundaan Total
Selatan	721,00	15,78	3,74	19,52	10,09
Utara	98,38	24,73	4,75	29,48	2,08
Barat	139,93	22,33	4,20	26,53	2,66
Timur	435,61	15,34	3,90	19,24	6,01

Sumber: Hasil Analisis (2026)

Berdasarkan Tabel 13, nilai tundaan rata-rata pada pendekat Selatan sebesar 19,52 detik/kendaraan, pendekat Utara sebesar 29,48 detik/kendaraan, pendekat Barat sebesar 26,53 detik/kendaraan, dan pendekat Timur sebesar 19,24 detik/kendaraan. Nilai tundaan rata-rata tertinggi terjadi pada pendekat Utara, sedangkan nilai terendah terjadi pada pendekat Timur. Perbedaan tundaan dipengaruhi oleh volume lalu lintas, kapasitas pendekat, kondisi geometrik, dan pengaruh waktu sinyal.

Perencanaan Simpang Menggunakan Software PTV VISSIM

Analisis rekayasa simpang pada simpang 4 Lendang Bajur dilakukan menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM sebagai media pemodelan dan simulasi lalu lintas. Penggunaan perangkat lunak ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian hasil simulasi terhadap hasil perhitungan kinerja simpang yang telah diperoleh berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Tahapan pemodelan diawali dengan pembuatan geometrik simpang, dilanjutkan dengan input data volume lalu lintas, pengaturan karakteristik operasional simpang, penentuan titik pengumpulan data (*data collection*), pengaturan rute (*vehicle routes),* pembuatan *signal controller,* pengaturan *signal groups,* simulasi dijalankan untuk memperoleh kinerja lalu lintas pada kondisi yang dimodelkan. Berdasarkan pengaturan *simulation parameter,* simulasi dijalankan selama 3.600 detik menggunakan fitur *simulation continuous.* Selama proses simulasi berlangsung, pergerakan kendaraan dan titik pengumpulan data secara otomatis merekam

berbagai parameter kinerja simpang yang diperoleh dari proses simulasi menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM selanjutnya disajikan pada bagian berikut.

Tabel 14. Hasil Analisis Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM

SIM	TIME	MOVE	LOS VAL	VEH DELAY
AVG	0-3.600	A-B	4	53,03
AVG	0-3.600	A-C	5	67,89
AVG	0-3.600	A-D	4	52,85
AVG	0-3.600	B-A	6	97,47
AVG	0-3.600	B-C	4	47,26
AVG	0-3.600	B-D	5	61,27
AVG	0-3.600	C-A	5	78,73
AVG	0-3.600	C-B	5	60,28
AVG	0-3.600	C-D	6	87,84
AVG	0-3.600	D-A	6	100,4
AVG	0-3.600	D-B	4	50,04
AVG	0-3.600	D-C	6	86,51

Sumber: Hasil Running (2026)

Berdasarkan hasil simulasi VISSIM pada periode pengamatan 0-3.600 detik, diperoleh nilai LOS Val berkisar 4 hingga 6 dengan tundaan kendaraan (Veh Delay) antara 47,26 detik hingga 100,40 detik, diikuti oleh pergerakan B-A sebesar 97,47 detik dan C-D sebesar 87,84 detik. Sementara itu, tundaan terendah terjadi pada pergerakan B-C sebesar 47,26 detik. Nilai tundaan yang relatif tinggi pada sebagian besar pergerakan menunjukkan bahwa arus lalu lintas di simpang mengalami hambatan yang cukup besar akibat tingginya volume kendaraan dan interaksi antarpergerakan, sehingga kondisi operasional simpang belum berjalan secara optimal.

Untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara model simulasi PTV VISSIM dengan kondisi lalu lintas di lapangan, dilakukan proses kalibrasi menggunakan metode Geoffrey E. Havers (GEH). Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan volume hasil survei terhadap volume hasil simulasi pada setiap pendekat simpang. Hasil perhitungan nilai GEH pada masing-masing pendekat disajikan pada tabel 15 berikut.

Tabel 15. Hasil Simulasi Kalibrasi

Pendekat	Volume survei	Volume simulasi	Selisih	Keterangan
Selatan	1.929	1.987	1,311	Memenuhi
Utara	1.510	1.462	1,245	Memenuhi
Barat	1.571	1.521	1,272	Memenuhi
Timur	759	749	0,364	Memenuhi

Sumber: Hasil Running (2026)

Berdasarkan Tabel 15, diperoleh nilai GEH pada pendekat selatan sebesar 1,311, pendekat Utara sebesar 1,245, pendekat Barat sebesar 1,272, dan pendekat Timur sebesar 0,364. Seluruh nilai GEH berada di bawah batas penerimaan, yaitu kurang dari 5, sehingga hasil simulasi memiliki tingkat kesesuaian yang baik terhadap kondisi lalu lintas hasil survei.

Perbandingan Hasil Analisis PKJI 2023 dan PTV VISSIM

Perbandingan hasil analisis menggunakan metode PKJI 2023 dan perangkat lunak PTV VISSIM dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil perhitungan manual dengan hasil simulasi mikroskopik dalam mengevaluasi kinerja Simpang 4 Lendang Bajur. Analisis menggunakan PKJI 2023 menghasilkan parameter kinerja berupa kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrean dan tundaan berdasarkan persamaan empiris yang telah ditetapkan. Sementara itu, PTV VISSIM memodelkan perilaku kendaraan secara individual sehingga mampu menggambarkan kondisi operasional lalu lintas yang lebih dinamis, termasuk interaksi antar kendaraan pada setiap pendekat simpang.

Berdasarkan hasil analisis, kedua metode menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu bahwa pendekat dengan volume lalu lintas yang lebih tinggi menghasilkan tundaan dan antrean yang lebih besar dibandingkan pendekat lainnya. Hasil perhitungan PKJI 2023 menunjukkan bahwa pendekat selatan memiliki tundaan terbesar 10,99 detik/kendaraan, sedangkan hasil simulasi PTV VISSIM juga menunjukkan bahwa beberapa pergerakan pada pendekat dengan volume tinggi mengalami tundaan kendaraan antara 47,26 detik hingga 100,40 detik. Perbedaan besarnya nilai tundaan tersebut disebabkan oleh perbedaan prinsip analisis yang digunakan. PKJI 2023 menggunakan pendekatan matematis berdasarkan kondisi rata-rata arus lalu lintas, sedangkan PTV VISSIM memperhitungkan perilaku kendaraan secara

individual, interaksi antara kendaraan, perubahan kecepatan, perpindahan lajur, serta pengaruh sinyal lalu lintas selama proses simulasi.

Hasil kalibrasi model menggunakan Geoffrey E. Havers (GEH) menunjukkan bahwa seluruh nilai GEH pada setiap pendekat berada di bawah nilai 5, sehingga model simulasi PTV VISSIM telah memenuhi kriteria validasi dan mampu merepresentasikan kondisi lalu lintas di lapangan dengan baik. Dengan demikian, hasil analisis menggunakan PKJI 2023 dan simulasi PTV VISSIM saling mendukung dalam mengevaluasi kinerja simpang, sehingga keduanya dapat dijadikan dasar dalam perencanaan dan evaluasi penerapan APILL pada Simpang 4 Lendang Bajur.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis transformasi Simpang 4 Lendang Bajur dari simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal menggunakan metode PKJI 2023 dan simulasi PTV VISSIM, dapat disimpulkan bahwa kondisi eksisting simpang masih mengalami hambatan operasional yang ditunjukkan oleh tingginya volume lalu lintas pada beberapa pendekat sehingga memengaruhi kapasitas, panjang antrean, dan tundaan kendaraan. Hasil perencanaan APILL berdasarkan PKJI 2023 mampu meningkatkan kinerja simpang melalui pengaturan waktu siklus dan pembagian waktu hijau yang lebih proporsional sesuai karakteristik arus lalu lintas pada setiap pendekat.

Hasil simulasi menggunakan PTV VISSIM menunjukkan pola kinerja yang sejalan dengan analisis PKJI 2023. Meskipun nilai tundaan yang dihasilkan simulasi lebih besar dibandingkan hasil perhitungan manual karena mempertimbangkan perilaku kendaraan secara mikroskopik, hasil kalibrasi menggunakan metode Geoffrey E. Havers (GEH) menunjukkan seluruh nilai GEH kurang dari 5 sehingga model simulasi dinyatakan valid dan mampu merepresentasikan kondisi lalu lintas di lapangan. Oleh karena itu, kombinasi analisis PKJI 2023 dan simulasi PTV VISSIM dapat digunakan sebagai dasar yang andal dalam mengevaluasi dan merencanakan peningkatan kinerja simpang melalui penerapan APILL.

DAFTAR PUSTAKA

Ashar, A. S., Prasetyo, T. T., & Nariendra, P. W. (2024). Analisis fase dan waktu siklus simpang APILL dalam upaya peningkatan keselamatan lalu lintas menggunakan simulasi PTV VISSIM dan software surrogate. Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety), 11(2), 92–103. Https://doi.org/10.46447/ktj.v11i2.628

Ariyani, R., Efendy, A., & Fariyadin, A. (2026). Kajian rekayasa lalu lintas Simpang Tiga Narmada menggunakan software PTV VISSIM. Jurnal Konstruksi, 24(1), 1115–1126. Https://doi.org/10.33364/konstruksi.v24i1.3516

Budiastawa, I. G. (2025). Analisis peningkatan kinerja simpang tidak Ber APILL Studi Kasus: Simpang BPR MANDIRI dengan pendekatan PKJI 2023 dan VISSIM. Politeknik Transportasi Darat Bali. Https://digilib.poltradabali.ac.id/id/eprint/307/

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Efendy, A., & Wahyuningsih, T. (2024). Kajian rekayasa lalu lintas Simpang Tiga Dakota akibat pemberlakuan ssa dan penambahan arus Jl. Adi Sucipto Rembiga Kota. Spektrum Sipil, 11(1), 60–70. Https://doi.org/10.29303/spektrum.v11i1.337

Firdaus, A. Z., & Fauziah, M. (2024). Kinerja koordinasi Simpang Cebongan dan Simpang Taman Ringin Cebongan berdasarkan PKJI 2023. Jurnal Teknik Sipil, 17(4), 244–256. Https://ojs.uajy.ac.id/index.php/jts/article/view/9105

Karyana, I. M., Yanta, I. N. A. T., & Pamungkas, T. H. (2024). Analisis kinerja ruas Jalan Tukad Gangga dan Jalan Tukad Yeh Aya menggunakan PKJI 2023. Jurnal Teknik Gradien, 16(2), 8–22. Https://jurnal.polines.ac.id/index.php/bangun_rekaprima/article/view/6071

Nugraha, K. S., Suryanto, & Arifin, M. (2026). Evaluasi kinerja simpang empat bersinyal menggunakan metode PKJI 2023 (Studi Kasus: Simpang Empat Bersinyal Jalan Magelang Kilometer 5 dan Jalan Selokan Mataram Yogyakarta). Civil Engineering Technology Journal, 8(1), 1-9. Https://journal.umpr.ac.id/index.php/mits/article/view/11418

Padmini, N. (2025). Analisis perencanaan penerapan simpang ber–APILL pada Simpang 4 Pekayon dengan pendekatan PKJI 2023 dan VISSIM. Politeknik Transportasi Darat Bali. Https://digilib.poltradabali.ac.id/id/eprint/328/

Pangaribuan, M. O. P. (2025). Optimalisasi rencana waktu siklus sinyal lalu lintas berdasarkan fluktuasi volume lalu Lintas harian menggunakan PKJI 2023 dan VISSIM (Studi Kasus: Simpang Empat Sriti). Politeknik Transportasi Darat Bali. Https://digilib.poltradabali.ac.id/id/eprint/312/

Pratama, Y., & Yusuf, P. (2025). Kajian simpang empat tak bersinyal pada Jalan Argopuro Kecamatan Kalipuro Kabupaten Banyuwangi menjadi simpang bersinyal. Jurnal Teknik Untag, 1(1), 1–12. Https://jurnal.untag-banyuwangi.ac.id/index.php/jurnalteknik/article/view/560

Ramzy, M., Rahardjo, B., & Supriyanto, B. (2025). Analisis kinerja simpang bersinyal pada Simpang Cigodek Kota Sukabumi menggunakan metode PKJI 2023. Teori, Praktik, Penelitian, dan Pengajaran Teknik Bangunan, 30(1), 27–40.Http://prosiding.sentil.nusaputra.ac.id/index.php/sentil/article/view/105.https://doi.org/10.17977/um071v30i12025p27-40

Suartawan, P. E., Suthanaya, A., Md, D., & Wedagama, P. (2022). Analisis kinerja ruas jalan dengan menggunakan piranti lunak VISSIM (Studi Kasus pada pelebaran Jalan Imam Bonjol Denpasar). Jurnal Teknologi Transportasi Dan Logistik, 3(1), 51–62. Https://jurnal.poltradabali.ac.id/jttl/article/view/51

Lesmana, B. S., Widhiastuti, Y., & Rahmawati, A. N. (2023). Perencanaan APILL pada Simpang Tiga SMPN 1 Baureno dengan metode PKJI 2023. Seminar Nasional Teknik Sipil, 1(1), 255–261. https://ojs.ejournalunigoro.com/sintesi/article/view/69

Wardana, I. P. G. N. (2024). Analisis perencanaan penerapan simpang bersinyal pada Simpang 3 Stadion Utama Riau untuk meningkatkan kinerja simpang dengan pendekatan PKJI 2023 dan VISSIM. Https://digilib.poltradabali.ac.id/id/eprint/79/