

JURNAL KONSTRUKSI DAN INFRASTRUKTUR

Teknik Sipil dan Perencanaan

EVALUASI MANAJEMEN LALU LINTAS SIMPANG BERSINYAL PADA PENDEKAT KRITIS DENGAN DOMINASI BELOK KANAN AKIBAT PENGARUH KAWASAN KOMERSIAL (PKJI 2023)

Riani Amelia Putri¹ Muhammad Oka Mahendra^{1*}

¹) Program Studi Teknik Sipil, Universitas Serang Raya
Email Korespondensi: muhammadoka81@gmail.com

ABSTRACT

The Jl. Raya Labuan–Pandeglang / Jl. Raya Cibiuk intersection in Pandeglang Regency is a four-arm, four-phase signalized intersection (APILL) that experiences traffic congestion during the evening peak hour (16:00–18:00 WIB). This study analyzes the intersection performance using the 2023 Indonesian Highway Capacity Guidelines (PKJI 2023) based on field survey data. The intersection operates with a cycle time of 185 seconds and a total lost time (WHH) of 24 seconds. The highest traffic flow occurs at the Southern approach (Jl. Asia Raya) at 927.5 passenger car units per hour (pcu/hour) under protected conditions, dominated by right-turn movements (RBKa = 0.80). Analysis results show that the Southern approach has the highest degree of saturation (DS = 0.89), exceeding the PKJI 2023 threshold of 0.85, with a queue length of 78 m and an average delay of 45 seconds/pcu (Level of Service D). The Western approach (Jl. Soetoyo) also approaches saturation with DS = 0.79, queue length 61 m, and delay 37 seconds/pcu. The average intersection delay is 34 seconds/pcu (LOS D). To improve intersection performance, the main recommendations are: optimization of the signal cycle time, redistribution of green time between phases, and management of the dominant right-turn movement at the Southern approach.

Keywords: *degree of saturation, intersection, PKJI 2023, queue length, signalized*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan aktivitas perkotaan yang diikuti peningkatan jumlah kendaraan menyebabkan kebutuhan terhadap prasarana transportasi semakin besar. Apabila kapasitas jaringan jalan tidak berkembang secara seimbang dengan pertumbuhan arus lalu lintas, maka kemacetan akan lebih sering terjadi, terutama pada titik-titik konflik seperti persimpangan. Kondisi tersebut menjadikan simpang bersinyal sebagai salah satu elemen jaringan jalan yang memerlukan perhatian khusus karena berperan dalam mengatur prioritas pergerakan kendaraan dari berbagai arah.

Di antara berbagai komponen jaringan jalan perkotaan, simpang bersinyal atau APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) menempati posisi kritis sebagai titik pertemuan arus kendaraan dari berbagai arah yang memerlukan pengaturan prioritas secara sistematis [1]. Efektivitas sistem sinyal ditentukan oleh kesesuaian parameter operasional meliputi waktu siklus, durasi hijau, dan pengaturan fase dengan karakteristik volume dan komposisi lalu lintas di lapangan. Evaluasi kinerja simpang APILL secara berkala dengan data lapangan yang representatif merupakan prasyarat teknis bagi pengelolaan infrastruktur jalan yang responsif [2].

Kerangka analisis kinerja simpang bersinyal di Indonesia diatur melalui Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Direktorat Jenderal Bina Marga [10]. PKJI 2023 mengadopsi pendekatan empiris yang mempertimbangkan kondisi lalu lintas dan karakteristik infrastruktur jalan yang spesifik di Indonesia,

serupa dengan konsep yang diterapkan pada Highway Capacity Manual (HCM) [5]. Parameter kinerja utama yang dievaluasi mencakup: derajat kejenuhan (DJ) sebagai rasio arus terhadap kapasitas, panjang antrean (PA), tundaan rata-rata (T), dan jumlah kendaraan terhenti (NKH). Nilai ambang batas DJ = 0,85 ditetapkan sebagai batas atas kondisi operasional yang dapat diterima; di atasnya, simpang berpotensi mengalami instabilitas arus dan peningkatan tundaan secara tidak proporsional.

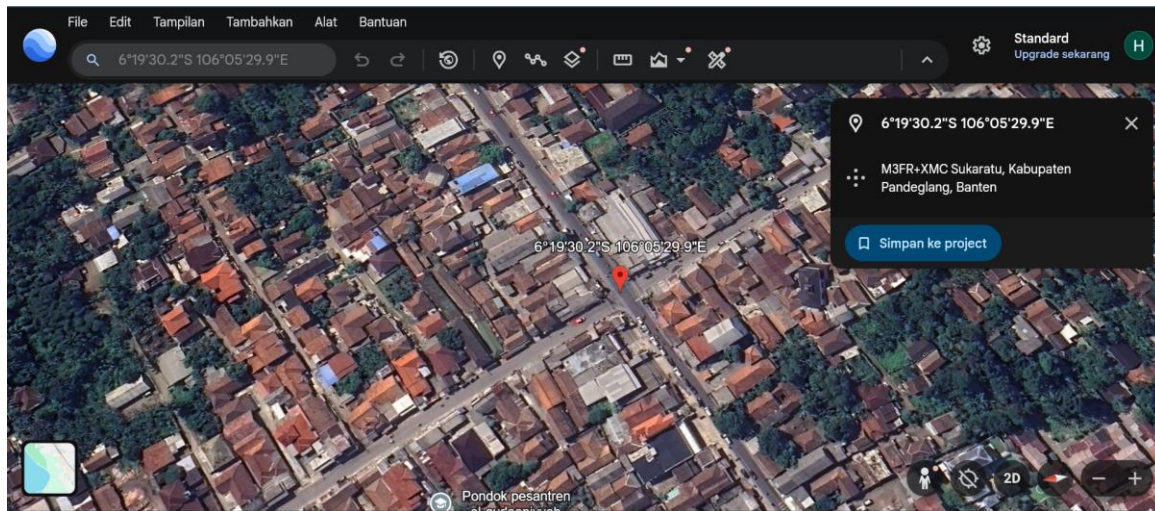
Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji aspek-aspek terkait kinerja simpang bersinyal di Indonesia. Kajian terhadap pengaruh hambatan samping pada ruas jalan urban menunjukkan bahwa aktivitas di luar badan jalan secara nyata menurunkan kapasitas efektif pendekat [4]. Penelitian mengenai perilaku arus jenuh pada sepeda motor di simpang bersinyal mengungkapkan bahwa proporsi sepeda motor yang tinggi berimplikasi pada nilai arus jenuh terkoreksi yang berbeda signifikan [6]. Studi tentang tingkat pelayanan pada kawasan dengan tata guna lahan campuran memperlihatkan bahwa bangkitan dan tarikan dari berbagai fungsi lahan dapat memperburuk distribusi arus pada simpang di sekitarnya [3]. Evaluasi pendekatan HCM terhadap kapasitas jalan multilajur menegaskan pentingnya kalibrasi parameter lokal agar estimasi kapasitas akurat [5]. Meskipun demikian, evaluasi kinerja simpang APILL di wilayah Kabupaten Pandeglang menggunakan metodologi PKJI 2023 yang terbaru beserta rekomendasi teknis terukurnya masih sangat jarang dilakukan, sehingga menjadi dasar pentingnya penelitian ini.

Simpang Jl. Raya Labuan–Pandeglang / Jl. Raya Cibiuk di Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten, merupakan simpang bersinyal empat lengan yang menghubungkan empat koridor utama: Jalan Asia Raya (pendekat Selatan), Akses Tol (pendekat Utara), Jalan Raya Merak / Jalan Nasional III (pendekat Timur), dan Jalan Soetoyo (pendekat Barat). Nama simpang merujuk pada dua ruas jalan nasional yang saling berpotongan di lokasi ini (Jl. Raya Labuan–Pandeglang dan Jl. Raya Cibiuk), sedangkan nama pendekat menggambarkan ruas jalan yang menyusun masing-masing lengan simpang. Keberagaman fungsi tata guna lahan di sekitar simpang mencakup kawasan komersial/industri, perdagangan, dan permukiman padat menghasilkan bangkitan dan tarikan perjalanan yang tinggi, terutama pada jam puncak sore ketika dominasi pergerakan belok kanan dari pendekat Selatan memperparah kondisi operasional simpang. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja simpang tersebut secara komprehensif menggunakan PKJI 2023 berdasarkan data survei lapangan, serta merumuskan rekomendasi teknis berbasis hasil analisis.

2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Simpang Jl. Raya Labuan–Pandeglang / Jl. Raya Cibiuk, yang terletak di Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Simpang tersebut merupakan persimpangan bersinyal empat lengan yang menghubungkan: Jalan Asia Raya (pendekat Selatan), Akses Tol (pendekat Utara), Jalan Raya Merak / Jalan Nasional III (pendekat Timur), dan Jalan Soetoyo (pendekat Barat). Lebar pendekat bervariasi antara 7,0 hingga 11,5 meter, dengan keberadaan median pada pendekat Selatan, Utara, dan Timur, kecuali pendekat Barat. Kawasan sekitar simpang memiliki karakteristik tata guna lahan heterogen, meliputi kawasan komersial/industri (KIM), kawasan komersial (KOM), dan permukiman. Simpang ini beroperasi dengan empat fase bersinyal dan waktu siklus eksisting sebesar 185 detik. Gambar 1 menampilkan lokasi dan sketsa geometrik simpang yang ditinjau.



Sumber: Google Maps/Earth dan Survei Lapangan, 2026.

Gambar 1. Peta Lokasi Simpang Jl. Raya Labuan–Pandeglang / Jl. Raya Cibiuk

2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan terdiri dari data primer hasil survei lapangan dan data sekunder dari instansi terkait. Survei lapangan dilaksanakan pada hari Selasa, 8 April 2026, selama periode jam puncak sore pukul 16.00–18.00 WIB. Periode survei ini ditetapkan sebagai kondisi representatif berdasarkan pengamatan pendahuluan yang menunjukkan bahwa jam puncak sore merupakan kondisi lalu lintas paling padat di simpang ini, yang bertepatan dengan aktivitas pulang kerja dan perdagangan yang berlangsung bersamaan. Hari Selasa dipilih karena merupakan hari kerja normal tanpa gangguan khusus atau hari libur nasional. Pencacahan volume kendaraan dilaksanakan dengan interval 15 menit oleh empat surveyor yang ditempatkan pada setiap lengan simpang, dengan pengawasan oleh koordinator lapangan untuk menjaga konsistensi dan kualitas data.

Data primer yang dikumpulkan mencakup tiga kategori utama: (a) pencacahan volume lalu lintas (traffic counting) pada setiap lengan simpang dengan klasifikasi jenis kendaraan, yaitu Mobil Penumpang (MP), Kendaraan Sedang (KS), Sepeda Motor (SM), dan Kendaraan Tak Bermotor (KTB); (b) pengukuran geometrik simpang meliputi lebar pendekat, keberadaan median, kelandaian, dan kondisi fisik perkerasan; serta (c) pencatatan parameter sinyalisis eksisting mencakup waktu siklus, durasi hijau setiap fase, waktu kuning, dan waktu merah semua. Data sekunder berupa informasi tata guna lahan dan peta jaringan jalan diperoleh dari instansi terkait sebagai pelengkap informasi kondisi lingkungan simpang.

2.3 Metode Analisis

Analisis kinerja simpang menggunakan metode yang ditetapkan dalam PKJI 2023, yang mengadopsi pendekatan empiris dengan mempertimbangkan faktor geometrik, komposisi lalu lintas, pengaturan sinyal, dan kondisi lingkungan. Nilai ekuivalensi kendaraan penumpang (EMP) untuk kondisi pendekat terlindung adalah: MP = 1,0; KS = 1,3; SM = 0,15, sesuai ketentuan PKJI 2023. Kendaraan Tak Bermotor (KTB) tidak dikonversikan ke satuan smp dalam formulir PKJI karena bergerak di ruang yang terpisah dan tidak secara langsung berkompetisi dengan arus kendaraan bermotor di pendekat bersinyal, namun tetap dicatat sebagai informasi kondisi lapangan.

Arus jenuh dasar (J_0) dihitung dari lebar efektif pendekat menggunakan rumus $J_0 = 600 \times LE$ (smp/jam). Faktor penyesuaian yang diterapkan meliputi: faktor hambatan samping (FHS), faktor ukuran kota (FUK), faktor gradien (FG), faktor parkir (FP), faktor belok kiri (FBKi), dan faktor belok kanan (FBKa). Parameter kinerja yang dievaluasi mencakup: derajat kejenuhan ($DJ = q/C$), kapasitas pendekat (C), panjang antrian (PA), jumlah kendaraan terhenti (NKH), tundaan lalu lintas rata-rata (TL), tundaan geometri rata-rata (TG), dan tundaan rata-rata total (T). Kondisi simpang dinyatakan kritis apabila nilai DJ melebihi ambang batas 0,85 sebagaimana ditetapkan dalam PKJI 2023. Klasifikasi tingkat pelayanan

(LOS) berdasarkan tundaan rata-rata mengacu pada kriteria PKJI 2023: LOS A (≤ 10 dtk), B (10–20 dtk), C (20–35 dtk), D (35–55 dtk), E (55–80 dtk), dan F (> 80 dtk).

2.4 Tahapan Analisis PKJI 2023

Proses analisis dilaksanakan secara sistematis mengikuti prosedur formulir PKJI 2023 yang terdiri dari lima langkah berurutan. Setiap langkah menggunakan keluaran dari langkah sebelumnya sebagai masukan, membentuk alur analisis yang terintegrasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

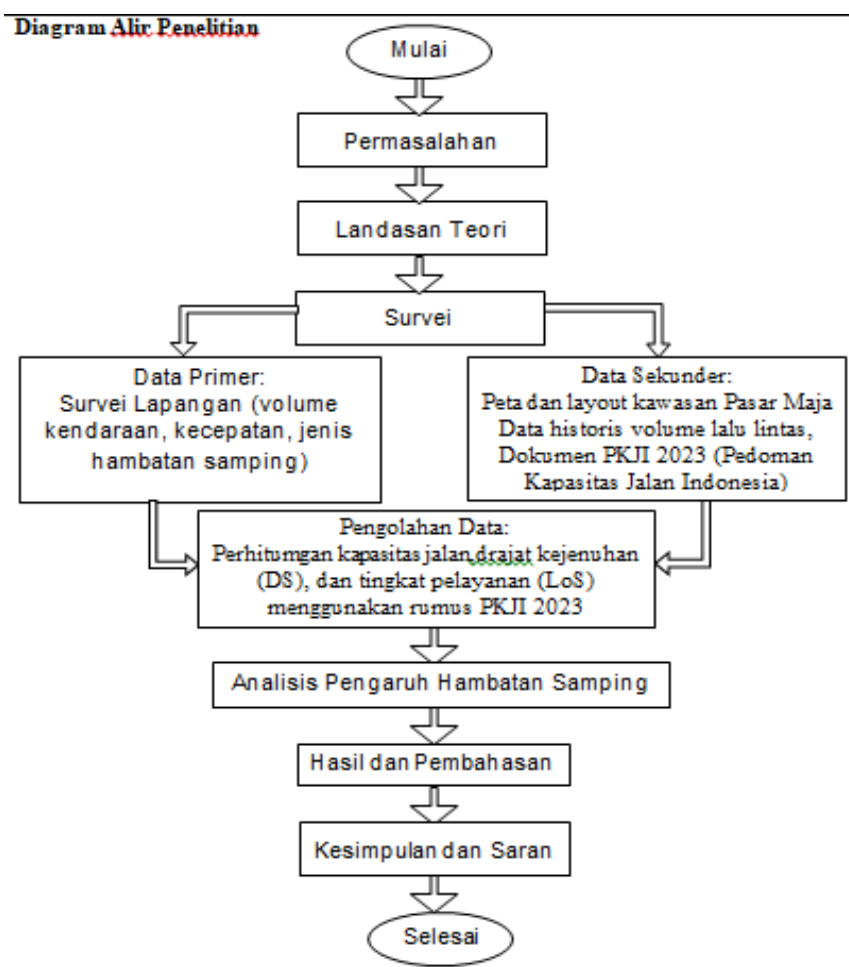
Langkah A – Pengisian Data Geometrik dan Kondisi Lingkungan: Inventarisasi data masukan geometrik simpang, pengaturan fase sinyal, dan identifikasi kondisi lingkungan (tipe tata guna lahan dan kelas hambatan sampang pada setiap pendekat).

Langkah B – Pengolahan Data Arus Lalu Lintas: Data volume lalu lintas diolah menjadi arus dalam satuan mobil penumpang (smp/jam) menggunakan nilai EMP. Pada tahap ini dihitung pula rasio belok kiri (RBKi) dan rasio belok kanan (RBKa) yang dibutuhkan pada langkah berikutnya.

Langkah C – Penentuan Waktu Sinyal: Perhitungan waktu antar hijau (WAH = WMS + WK), penetapan waktu hilang hijau total (WHH = Σ WAH), dan verifikasi durasi hijau masing-masing fase.

Langkah D – Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan: Berdasarkan J_0 dan seluruh faktor penyesuaian diperoleh arus jenuh terkoreksi (J). Kapasitas pendekat dihitung sebagai $C = J \times RH$, di mana $RH = g/c$ adalah rasio hijau. Derajat kejenuhan diperoleh dari $DJ = q/C$.

Langkah E – Evaluasi Tingkat Kinerja: Perhitungan panjang antrean (PA), jumlah kendaraan terhenti (NKH), dan tundaan rata-rata total (T) berdasarkan nilai DJ dan parameter sinyal dari langkah-langkah sebelumnya.



Sumber: Adaptasi dari PKJI 2023.

Gambar 2. Bagan Alir Tahapan Analisis Kinerja Simpang APILL Menggunakan PKJI 2023

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simpang Jl. Raya Labuan–Pandeglang / Jl. Raya Cibiuk merupakan simpang bersinyal empat lengan yang terletak di Kabupaten Pandeglang. Simpang ini merupakan pertemuan antara Jalan Asia Raya (dari arah Selatan), Akses Tol (dari arah Utara), Jalan Raya Merak/Jalan Nasional III (dari arah Timur), dan Jalan Soetoyo (dari arah Barat). Kawasan sekitar simpang memiliki fungsi tata guna lahan yang beragam, termasuk kawasan komersial/industri (KIM), komersial (KOM), dan permukiman, yang secara langsung mempengaruhi tingginya bangkitan dan tarikan lalu lintas pada jam sibuk.

3.1 Formulir SA-I – Data Geometrik dan Kondisi Lingkungan

Berdasarkan survei lapangan, simpang yang ditinjau merupakan simpang empat lengan dengan tipe pendekat terlindung (protected) pada seluruh lengan. Waktu siklus eksisting adalah 185 detik dengan waktu hilang hijau total (WHH) sebesar 24 detik, yang diperoleh dari penjumlahan waktu antar hijau (WAH) pada keempat fase ($4 \times 6 \text{ dtk} = 24 \text{ dtk}$). Data geometrik, kondisi lingkungan, dan sinyalisasi masing-masing pendekat disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Geometrik dan Kondisi Lingkungan Simpang

Kode Pendekat	Nama Jalan	Tipe Lingkungan	Kelas Hambatan Samping	Median	Kelandaian (%)	BKiJT	Lebar Pendekat (m)
S (Selatan)	Jl. Asia Raya	KIM	Rendah	Ya	0	Tidak	11,0
U (Utara)	Akses Tol	KOM	Rendah	Ya	0	Tidak	11,5
T (Timur)	Jl. Raya Merak / Nasional III	KIM	Rendah	Ya	0	Ya	8,5 (masuk) / 6,0 (garis henti)
B (Barat)	Jl. Soetoyo	KIM	Rendah	Tidak	0	Tidak	7,0

Sumber: Hasil Survei Lapangan, 2026.

Tabel 2. Data Sinyalisasi Simpang Jl. Raya Labuan–Pandeglang / Jl. Raya Cibiuk

Fase	Pendekat Aktif	Waktu Hijau (detik)	Waktu Antar Hijau / WAH (detik)	Waktu Siklus (detik)
1	Selatan (S)	52	6	
2	Timur (T)	42	6	
3	Barat (B)	42	6	
4	Utara (U)	42	6	
Total	-	178	24 (WHH = 24)	185

Sumber: Hasil Survei Lapangan, 2026.

Catatan: WAH = WMS + WK = 3 + 3 = 6 detik per fase; WHH = $4 \times \text{WAH} = 24$ detik. Verifikasi lapangan diperlukan karena $\Sigma g + \Sigma \text{WAH} = 178 + 24 = 202$ detik melebihi waktu siklus eksisting 185 detik; rasio hijau (RH) dihitung langsung dari $g_i/c = g_i/185$ berdasarkan durasi hijau terukur di lapangan.

Berdasarkan Tabel 2, simpang beroperasi dengan 4 fase dan waktu siklus 185 detik. Waktu hijau terlama diberikan kepada pendekat Selatan (Jl. Asia Raya) sebesar 52 detik, mengingat arus lalu lintas yang melewati lengan tersebut merupakan yang terbesar. Waktu antar hijau (WAH) ditetapkan sebesar 6 detik per fase, yang merupakan penjumlahan waktu merah semua (WMS = 3 dtk) dan waktu kuning (WK = 3 dtk). Waktu hilang hijau total (WHH) adalah 24 detik per siklus.

3.2 Formulir SA-II – Arus Lalu Lintas

Data arus lalu lintas diperoleh dari survei lapangan pada Selasa, 8 April 2026, pukul 16.00–18.00 WIB. Kendaraan dikelompokkan menjadi Mobil Penumpang (MP), Kendaraan Sedang (KS), Sepeda Motor (SM), dan Kendaraan Tak Bermotor (KTB). Nilai EMP untuk kondisi terlindung adalah MP = 1,0; KS = 1,3; SM = 0,15. BKi (Belok Kiri) dan BKiJT (Belok Kiri Jalan Terus) merupakan gerakan belok kiri, di mana BKiJT adalah gerakan belok kiri tanpa hambatan sinyal. Rekapitulasi volume dan arus lalu lintas disajikan pada Tabel 3. Total arus seluruh simpang adalah 2.280,85 smp/jam. Rasio belok kanan (RBKa) dan belok kiri (RBKi) masing-masing pendekat ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Volume dan Arus Lalu Lintas Masing-masing Pendekat (Terlindung)

Kode Pendekat	Arah Gerakan	MP (kend/jam)	KS (kend/jam)	SM (kend/jam)	Total (kend/jam)	Arus Terlindung (smp/jam)
S (Selatan)	BKi / BKiJT*	20	5	85	110	39,25
	Lurus	120	30	180	330	186,00
	BKa	360	115	1.285	1.760	702,25
	Total	500	150	1.550	2.200	927,50
U (Utara)	BKi / BKiJT*	5	10	58	73	26,70
	Lurus	18	44	193	255	104,15
	BKa	2	10	24	36	18,60
	Total	25	64	275	364	149,45
T (Timur)	BKi / BKiJT*	50	8	75	133	71,65
	Lurus	220	32	325	577	310,35
	BKa	70	10	100	180	98,00
	Total	340	50	500	890	480,00
B (Barat)	BKi / BKiJT*	130	43	216	389	218,30
	Lurus	170	57	288	515	287,30
	BKa	130	43	216	389	218,30
	Total	430	143	720	1.293	723,90

Sumber: Hasil Survei Lapangan, 2026.

*BK_i/BK_iJT = gerakan belok kiri / belok kiri jalan terus. RBKa Selatan = $702,25/927,50 = 0,757$; RBKa Barat = $218,30/723,90 = 0,302$; KTB tidak dikonversikan ke smp (lihat Subbab 2.3).

Berdasarkan Tabel 3, arus lalu lintas terbesar terjadi pada pendekat Selatan (Jl. Asia Raya) dengan total 2.200 kendaraan/jam atau setara 927,5 smp/jam (terlindung). Pendekat Selatan didominasi oleh pergerakan belok kanan (BK_a) sebesar 1.760 kendaraan/jam atau 702,25 smp/jam, dengan rasio belok kanan (RBKa) sebesar 0,757. Kondisi ini menunjukkan bahwa pergerakan belok kanan dari lengan Selatan merupakan pergerakan dominan di simpang tersebut. Pendekat Barat (Jl. Soetoyo) memiliki arus terbesar kedua sebesar 723,9 smp/jam dengan komposisi yang lebih merata. Pendekat Timur (Jl. Raya Merak) memiliki arus 480,0 smp/jam, sedangkan pendekat Utara (Akses Tol) memiliki arus terkecil sebesar 149,45 smp/jam. Total arus seluruh simpang adalah 2.280,85 smp/jam.

Komposisi kendaraan di simpang ini didominasi oleh sepeda motor dengan proporsi signifikan pada seluruh lengan, sejalan dengan karakteristik lalu lintas perkotaan di Indonesia yang umumnya didominasi kendaraan roda dua [6].

3.3 Formulir SA-III – Waktu Merah Semua dan Waktu Hilang

Perhitungan waktu antar hijau (WAH) didasarkan pada waktu merah semua (WMS) dan waktu kuning (WK) untuk setiap transisi fase. Berdasarkan PKJI 2023, $WAH_i = WMS_i + WK_i$. Waktu hilang hijau total (WHH) = $\Sigma WAH = \Sigma (WMS + WK)$. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang Hijau Total

Transisi Fase	Pendekat Berangkat	Pendekat Datang	WMS (dtk)	WK (dtk)	WAH = WMS+WK (dtk)
Fase 1 → Fase 2	Selatan (S)	Timur (T)	3	3	6
Fase 2 → Fase 3	Timur (T)	Barat (B)	3	3	6
Fase 3 → Fase 4	Barat (B)	Utara (U)	3	3	6
Fase 4 → Fase 1	Utara (U)	Selatan (S)	3	3	6
Total WHH	-	-	12	12	24

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

Berdasarkan Tabel 4, waktu merah semua (WMS) untuk setiap transisi fase adalah 3 detik dengan waktu kuning (WK) sebesar 3 detik, sehingga waktu antar hijau (WAH) tiap fase adalah $WAH = WMS + WK$

= 3 + 3 = 6 detik. Waktu hilang hijau total (WHH) pada simpang ini adalah $WHH = 4 \times 6 = 24$ detik per siklus.

3.4 Formulir SA-IV – Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Analisis kapasitas dan derajat kejenuhan dilakukan berdasarkan arus jenuh dasar (J_0), faktor penyesuaian, dan rasio hijau masing-masing fase. Arus jenuh dasar dihitung dari lebar efektif pendekat menggunakan rumus $J_0 = 600 \times LE$. Kapasitas pendekat: $C = J \times RH$, di mana $RH = g/c$. Derajat kejenuhan: $DJ = q/C$.

Penetapan lebar efektif (LE): (a) Pendekat Selatan: lebar geometrik 11,0 m dengan median, sehingga LE efektif per lajur terarah = $11,0/2 \approx 5,5$ m. Namun, dengan mempertimbangkan pelebaran lajur di area pendekat dan lebar garis henti yang terukur sebesar 7,0 m, maka LE ditetapkan 7,0 m (ditandai dengan superscript "i" pada Tabel 5). (b) Pendekat Timur: meskipun lebar masuk satu arah adalah 8,5 m, pendekat ini berupa jalan dua arah tanpa median dengan total lebar jalan efektif sebesar 15 m yang digunakan bersama oleh dua arah arus di luar jam tersibuk; pada saat analisis, seluruh lebar efektif tersedia untuk pendekat masuk, sehingga LE = 15 m (ditandai dengan superscript "ii" pada Tabel 5). Pengukuran lapangan mendukung penetapan nilai ini.

Sebagai contoh, perhitungan lengkap untuk pendekat Selatan (pendekat paling kritis) ditampilkan pada Tabel 7 (lihat Subbab 3.4.1). Seluruh hasil analisis kapasitas dan derajat kejenuhan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Kode Pendekat	Fase	Tipe Pendekat	LE (m)	J_0 (smp/jam)	J (smp/jam)	q (smp/jam)	RH	C (smp/jam)	DJ
S	1	P	7 M ⁱ	4.200	3.695	927,5	0,28	1.038	0,89
U	4	P	7,5	4.500	4.400	149,45	0,23	999	0,15
T	2	P	15 m ⁱⁱⁱ	9.000	8.350	480,0	0,23	1.896	0,25
B	3	P	7,5	4.500	4.040	723,9	0,23	917	0,79

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

ⁱPendekat Selatan: LE = 7,0 m berdasarkan lebar garis henti terukur (pendekat dengan median, $J_0 = 600 \times 7 = 4.200$ smp/jam).

ⁱⁱⁱPendekat Timur: LE = 15 m berdasarkan total lebar jalan efektif yang digunakan pendekat masuk (jalan nasional dua arah tanpa median). P = tipe pendekat terlindung (protected).

Berdasarkan Tabel 5, derajat kejenuhan (DJ) tertinggi terjadi pada pendekat Selatan sebesar 0,89, melampaui ambang batas PKJI 2023 ($DJ = 0,85$). Hal ini mengindikasikan bahwa lengan Selatan berada dalam kondisi mendekati jenuh dan berpotensi menimbulkan antrean panjang serta tundaan tinggi, terutama pada jam puncak sore. Pendekat Barat (Jl. Soetoyo) menunjukkan derajat kejenuhan yang cukup tinggi sebesar 0,79, sementara pendekat Timur (0,25) dan Utara (0,15) masih berada pada kondisi yang jauh dari jenuh. Rasio Arus Simpang (RAS) keseluruhan adalah 0,63.

Kapasitas pendekat Barat (917 smp/jam) merupakan yang terkecil di antara seluruh pendekat. Meskipun pendekat Selatan menerima alokasi waktu hijau terlalu lama (52 detik), kapasitasnya (1.038 smp/jam) tetap terbatas karena arus jenuh terkoreksinya (3.695 smp/jam) relatif rendah dibandingkan pendekat Timur (8.350 smp/jam) yang memiliki lebar efektif lebih besar. Prasarana jalan, khususnya lebar pendekat, memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap kapasitas dan kinerja lalu lintas [7].

3.4.1 Contoh Perhitungan Lengkap Pendekat Selatan

Untuk memfasilitasi verifikasi hasil, Tabel 7 menyajikan contoh perhitungan lengkap pendekat Selatan (pendekat paling kritis) sesuai prosedur PKJI 2023.

Tabel 7. Contoh Perhitungan Kapasitas dan DJ – Pendekat Selatan

Parameter	Nilai	Keterangan
Lebar Efektif (LE)	7,0 m	Setelah koreksi median (lihat catatan)
Arus Jenuh Dasar (J_0)	4.200 smp/jam	$J_0 = 600 \times LE = 600 \times 7,0$
Faktor Hambatan Samping (FHS)	1,00	Hambatan samping kelas rendah
Faktor Ukuran Kota (FUK)	0,83	Kab. Pandeglang, penduduk <500.000
Faktor Kelandaian (FG)	1,00	Kelandaian 0%

Parameter	Nilai	Keterangan
Faktor Parkir (FP)	1,00	Tidak ada parkir di pendekat
Faktor Belok Kiri (FBKi)	0,97	$RBKi = 39,25/927,5 = 0,042$
Faktor Belok Kanan (FBKa)	0,88	$RBKa = 702,25/927,5 = 0,757$
Arus Jenuh Terkoreksi (J)	3.695 smp/jam	$J = J_0 \times FHS \times FUK \times FG \times FP \times FBKi \times FBKa$
Rasio Hijau (RH)	0,28	$RH = g/c = 52/185$
Kapasitas (C)	1.038 smp/jam	$C = J \times RH = 3.695 \times 0,28$
Arus (q)	927,5 smp/jam	Dari survei lapangan
Derajat Kejenuhan (DJ)	0,89	$DJ = q/C = 927,5/1.038 > 0,85 \rightarrow$ KRITIS

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

3.5 Formulir SA-V – Panjang Antrean, Tundaan, dan Jumlah Kendaraan Terhenti

Analisis kinerja akhir simpang APILL mencakup perhitungan panjang antrean (PA), jumlah kendaraan terhenti (NKH), dan tundaan (T) pada setiap pendekat. Klasifikasi LOS didasarkan pada nilai tundaan rata-rata total per pendekat sesuai PKJI 2023. Hasil analisis disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Kinerja Simpang – Panjang Antrean, Tundaan, Kendaraan Terhenti, dan LOS

Kode Pendekat	q (smp/jam)	C (smp/jam)	DJ	RH	Nq1 (smp)	Nq2 (smp)	NqTot (smp)	NqMAX (smp)	PA (m)	RKH	NKH (smp)	TL (dtk)	TG (dtk)	T (dtk) / LOS
S	927,5	1.038	0,89	0,28	12	18	30	34	78	0,82	761	41	4	45 / D
U	149,45	999	0,15	0,23	1	2	3	4	12	0,20	30	8	3	11 / A
T	480,0	1.896	0,25	0,23	4	6	10	12	28	0,35	168	12	4	16 / B
B	723,9	917	0,79	0,23	10	14	24	28	61	0,74	536	33	4	37 / D
Total/ Rata-rata	2.280,85	-	-	-	-	-	-	-	-	0,66	1.495	-	-	34' / D

Sumber: Hasil Analisis, 2026.

¹Tundaan simpang rata-rata 34 dtk/smp adalah rata-rata tertimbang berdasarkan arus: $T_{rata} = \sum(T_i \times q_i) / \sum q_i = (45 \times 927,5 + 11 \times 149,45 + 16 \times 480,0 + 37 \times 723,9) / 2.280,85 \approx 34$ dtk/smp. NKH merupakan jumlah kendaraan terhenti per jam (smp/jam) berdasarkan arus dan rasio kendaraan terhenti (RKH).

Berdasarkan Tabel 6, panjang antrean terbesar terjadi pada pendekat Selatan (78 m), diikuti pendekat Barat (61 m), Timur (28 m), dan Utara (12 m). Panjang antrean pada pendekat Selatan yang tertinggi disebabkan oleh nilai DJ = 0,89 yang melebihi ambang batas, besarnya arus masuk (927,5 smp/jam), dan durasi merah yang panjang. Nilai Nq1 = 12 smp pada pendekat Selatan menunjukkan adanya akumulasi kendaraan yang tidak terlayani dalam satu siklus, mengkonfirmasi kondisi mendekati jenuh.

Tundaan lalu lintas rata-rata (TL) tertinggi terjadi pada pendekat Selatan (41 dtk/smp) dengan tundaan geometri rata-rata (TG) sebesar 4 dtk/smp, sehingga tundaan total ($T = TL + TG$) pada pendekat Selatan adalah 45 dtk/smp (LOS D). Pendekat Barat juga menunjukkan tundaan tinggi sebesar 37 dtk/smp (LOS D). Pendekat Utara memiliki tundaan hanya 11 dtk/smp (LOS A), sedangkan pendekat Timur 16 dtk/smp (LOS B). Tundaan simpang rata-rata keseluruhan adalah 34 dtk/smp (LOS D), dihitung sebagai rata-rata tertimbang arus (lihat catatan kaki Tabel 6). Jumlah kendaraan terhenti total adalah 1.495 smp/jam dengan rasio kendaraan terhenti rata-rata sebesar 0,66. Fluktuasi arus lalu lintas yang dinamis pada pendekat simpang memberikan pengaruh signifikan terhadap kinerja simpang [9].

3.6 Rekomendasi Penanganan Simpang

Berdasarkan hasil analisis menggunakan PKJI 2023, dua pendekat pada simpang yang ditinjau memerlukan penanganan teknis: pendekat Selatan (DJ = 0,89, melampaui ambang 0,85) dan pendekat

Barat ($DJ = 0,79$, mendekati jenuh). Rekomendasi berikut bersifat indikatif sebagai alternatif yang perlu dievaluasi lebih lanjut melalui perhitungan skenario sebelum diterapkan.

- a. Optimasi Waktu Siklus. Waktu siklus eksisting 185 detik tergolong relatif panjang untuk simpang empat fase dengan $WHH = 24$ detik dan $RAS = 0,63$. Berdasarkan formula siklus optimal PKJI 2023, $C_{opt} = (1,5L + 5) / (1 - \Sigma(q/J)^{e_{Tr}}) = (1,5 \times 24 + 5) / (1 - 0,63) \approx 106$ detik. Evaluasi skenario dengan waktu siklus 100–110 detik perlu dilakukan untuk memastikan nilai DJ pada seluruh pendekat tidak melampaui ambang 0,85.
- b. Redistribusi Waktu Hijau Antarfase. Distribusi waktu hijau eksisting mengalokasikan 52 dtk untuk pendekat Selatan dan 42 dtk untuk pendekat Timur, Barat, dan Utara secara merata. Mengingat pendekat Utara ($DJ = 0,15$) dan Timur ($DJ = 0,25$) masih jauh dari jenuh, sebagian waktu hijau pada kedua pendekat tersebut dapat direlokasikan ke pendekat Barat ($DJ = 0,79$) melalui pembagian berdasarkan rasio arus kritis (q/J) sesuai prosedur PKJI 2023. Evaluasi skenario redistribusi waktu hijau perlu disertai perhitungan ulang kapasitas dan DJ .
- c. Penanganan Pergerakan Belok Kanan Pendekat Selatan. Rasio belok kanan ($RBKa = 0,757$) pada pendekat Selatan mereduksi arus jenuh terkoreksi dari 4.200 menjadi 3.695 smp/jam. Alternatif penanganan yang dapat dievaluasi antara lain: (1) penambahan fase sinyal khusus belok kanan (protected right-turn phase), yang perlu dikaji dampaknya terhadap total WHH dan DJ pendekat lain; (2) pembuatan lajur belok kanan eksklusif jika ruang jalan memungkinkan; atau (3) pengalihan sebagian arus belok kanan melalui rute alternatif. Setiap alternatif harus disertai perhitungan kapasitas dan DJ setelah penanganan.
- d. Pelebaran Lebar Efektif Pendekat Selatan. Berdasarkan formula PKJI 2023, setiap penambahan 1 m lebar efektif meningkatkan J_0 sebesar 600 smp/jam. Pelebaran LE dari 7 m menjadi 8 m ($J_0 = 4.800$ smp/jam) diperkirakan meningkatkan kapasitas sekitar 14% dan berpotensi menurunkan DJ di bawah 0,85, bergantung pada nilai faktor penyesuaian yang berlaku. Evaluasi kuantitatif diperlukan untuk mengkonfirmasi efektivitas pelebaran.
- e. Pengendalian Hambatan Samping. Seluruh pendekat saat ini diklasifikasikan memiliki hambatan samping rendah. Kenaikan kelas hambatan samping dari rendah ke sedang akan menurunkan FHS dan memperburuk DJ pada pendekat Selatan. Pengendalian dapat dilaksanakan melalui penegakan larangan parkir badan jalan di zona simpang, penertiban kendaraan keluar-masuk kawasan komersial pada jam sibuk, dan penyediaan fasilitas pejalan kaki yang memadai.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis menggunakan PKJI 2023, kinerja eksisting Simpang APILL Jl. Raya Labuan–Pandeglang / Jl. Raya Cibiuk pada jam puncak sore hari (16.00–18.00 WIB) menunjukkan kondisi berikut:

1. Kondisi Kritis: Pendekat Selatan (Jl. Asia Raya) merupakan pendekat paling kritis dengan derajat kejenuhan $DJ = 0,89$ (melampaui ambang 0,85), panjang antrean 78 m, dan tundaan rata-rata 45 dtk/smp (LOS D). Pendekat Barat (Jl. Soetoyo) juga mendekati jenuh dengan $DJ = 0,79$, panjang antrean 61 m, dan tundaan 37 dtk/smp (LOS D). Pendekat Timur dan Utara masih beroperasi jauh di bawah kapasitas ($DJ = 0,25$ dan $0,15$). Tundaan simpang rata-rata keseluruhan adalah 34 dtk/smp (LOS D).
2. Penyebab Dominan: Tingginya DJ pada pendekat Selatan terutama disebabkan oleh dominasi pergerakan belok kanan ($RBKa = 0,757$ dari total arus 927,5 smp/jam), keterbatasan lebar efektif pendekat ($LE = 7$ m), serta waktu siklus yang relatif panjang (185 detik). Inkonsistensi data sinyalisasi ($\Sigma g + \Sigma WAH = 202$ dtk vs. $c = 185$ dtk) perlu diverifikasi ulang di lapangan.
3. Rekomendasi Indikatif: Berdasarkan hasil analisis, tiga prioritas penanganan direkomendasikan untuk dievaluasi lebih lanjut melalui perhitungan skenario (a) optimasi waktu siklus menuju kisaran 100–110 detik berdasarkan formula siklus optimal PKJI 2023 (b) redistribusi waktu hijau dari pendekat Timur dan Utara menuju pendekat Barat berdasarkan rasio arus kritis dan (c) penanganan pergerakan belok kanan pada pendekat Selatan melalui lajur eksklusif atau fase sinyal khusus. Evaluasi skenario

disertai perhitungan ulang kapasitas, DJ, antrean, dan tundaan diperlukan sebelum rekomendasi definitif dapat ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Al-Turki, N. T. Ratrou, S. M. Rahman, and K. J. Assi, "Signalized intersection control in mixed autonomous and regular vehicles traffic environment - a critical review focusing on future control," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 16942–16951, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3150201.
- [2] Z. Cakici, Y. S. Murat, and M. M. Aydin, "Design of an efficient vehicle-actuated signal control logic for signalized intersections," *Transport*, vol. 29, no. 3, pp. 1059–1076, 2022, doi: 10.3846/transport.2022.16861.
- [3] I. Citra, R. Rachman, and M. D. M. Palinggi, "Analisis pengaruh hambatan sampling terhadap kinerja ruas jalan Veteran Selatan," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 119–127, 2020, doi: 10.52722/pcej.v2i2.213.
- [4] H. Hossain, M. T. Ahmed, T. I. Mim, and S. M. Raiyan, "Performance evaluation of a signalized intersection using HCM and Webster's method: A case study," *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 12, no. 5, pp. 654–662, 2023.
- [5] L. Hevanda and M. O. Mahendra, "Pemilihan moda transportasi umum Cilegon–Merak menggunakan metode analytic hierarchy process," *Jurnal Konstruksi*, vol. 23, no. 1, pp. 87–96, 2026.
- [6] T. Holiansyah and M. O. Mahendra, "Analisis kebutuhan gardu tol berdasarkan teori antrian dan proyeksi volume lalu lintas," *Jurnal Konstruksi*, vol. 23, no. 2, pp. 92–103, 2026, doi: 10.33364/konstruksi/v.23-2.2432.
- [7] Y. Jiang, B. Zhao, M. Liu, and Z. Yao, "A two-level model for traffic signal timing and trajectories planning of multiple CAVs in a random environment," *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2021, Art. no. 9945398, 2021, doi: 10.1155/2021/9945398.
- [8] I. M. Kariyana, P. A. Suthanaya, D. M. P. Wedagama, and I. M. A. Ariawan, "The saturated flow modeling on motorcycle behavior based on through movements at signalized intersections," *International Journal of Technology*, vol. 9, no. 4, pp. 1189–1197, 2021, doi: 10.14716/ijtech.v9i4.1960.
- [9] M. O. Mahendra and M. Djuneydi, "Analisis faktor pengaruh penerapan smart transportation berbasis persepsi publik," *Jurnal Konstruksi*, vol. 23, no. 1, pp. 27–33, 2026.
- [10] M. O. Mahendra and R. M. Silalahi, "Analisis komparatif kinerja lalu lintas PKJI 2023 dan VISSIM di persimpangan Serdang," *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, vol. 14, no. 2, pp. 240–249, 2026.
- [11] A. N. Oktaviani and M. O. Mahendra, "Evaluation of multimodal transportation integration facilities at Serang station," *Journal of Infrastructure Planning and Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 72–82, 2026.
- [12] G. Pratidina and M. O. Mahendra, "Modeling commuter mode shift to electric railway services: An integrated performance analysis and stated preference approach for the Rangkasbitung–Merak line," *Journal of Infrastructure Planning and Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 23–32, 2026.
- [13] S. I. Putrinur and M. O. Mahendra, "Analisis pengaruh kinerja lalu lintas terhadap biaya operasional kendaraan menggunakan metode MKJI 1997," *Jurnal Konstruksi*, vol. 23, no. 1, pp. 67–75, 2026, doi: 10.33364/konstruksi/v.23-1.2281.
- [14] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023.
- [15] P. Srisurin and C. Amprayn, "Evaluation of the Highway Capacity Manual (HCM) and Thailand's Department of Highways' approaches to estimating the capacity of a multilane

- highway segment via the empirical method,” *Engineering and Applied Science Research*, vol. 51, no. 6, pp. 747–755, 2024, doi: 10.14456/easr.2024.78.
- [16] Supoyo and I. Irawati, “Kajian level of service (LOS) pada kawasan mix landuse ruas jalan Sudirman - Pati,” *Teknika*, vol. 14, no. 1, pp. 7–14, 2019.
- [17] T. Wasanta, Z. Mujahid, B. O. Sowolino, and W. Santosa, “Kajian perubahan status jalan Jalan Lingkar Luar Gorontalo,” *Jurnal Transportasi*, vol. 19, no. 3, pp. 215–224, 2019.
- [18] M. A. Zakiudin, M. O. Mahendra, and H. Wiguno, “Evaluasi kinerja lalu lintas pada simpang tak bersinyal menggunakan metode PKJI 2023 (Studi kasus simpang Jl. Mayor Muslich–Jl. Empat Lima Kota Serang, Banten),” *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, vol. 15, no. 1, pp. 65–72, 2026.