

Identifikasi Pendekat Dominan dan Analisis Sensitivitas Kapasitas Simpang APILL Patung Kirab Kota Kupang Berdasarkan PKJI 2023

Benny Tua Siahaan^{1*}, Adveni Hesty Altisari Lada¹, Ari Esclesias Sinaga¹, Alvin Alfredo Bara²

¹ *Akademi Teknik Kupang, Indonesia*

² *Universitas Nusa Cendana, Indonesia*

siahaanatk0103@gmail.com*

| Received: 10/07/2026 | Revised: 15/07/2026 | Accepted: 23/07/2026 |

Copyright©2026 by authors. Authors agree that this article remains permanently open access under the
terms of the Creative Commons

Abstrak

Pertumbuhan lalu lintas perkotaan meningkatkan tekanan operasional pada simpang bersinyal, terutama di kawasan yang melayani aktivitas perdagangan, perkantoran, pendidikan, dan permukiman. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kapasitas, kinerja operasional, serta mengidentifikasi pendekatan kritis pada Simpang APILL Patung Kirab Kota Kupang berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi evaluasi kinerja agregat simpang dengan analisis distribusi arus per pendekatan dan skenario sensitivitas peningkatan kapasitas sebagai dasar penentuan prioritas penanganan operasional di kota sedang di kawasan Indonesia Timur. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui survei volume lalu lintas terklasifikasi, kondisi geometrik, waktu sinyal, dan hambatan samping selama tiga hari pengamatan, yaitu Minggu, 9 November 2025, Senin, 10 November 2025, dan Selasa, 11 November 2025. Survei dilakukan pada tiga periode waktu, yaitu pagi 06.00–08.00 WIT, siang 12.00–14.00 WIT, dan sore 18.00–20.00 WIT. Kemudian, jam analisis ditentukan berdasarkan volume tertinggi pada setiap hari. Hasil penelitian menunjukkan kapasitas simpang pada hari Minggu, Senin, dan Selasa berturut-turut sebesar 3.734,08 skr/jam, 3.645,51 skr/jam, dan 3.589,57 skr/jam. Derajat kejenuhan masing-masing sebesar 0,739; 1,139; dan 0,936, sedangkan tundaan rata-rata sebesar 4,125; 29,220; dan 16,604 det/skr. Hari Senin berada dalam kondisi jenuh, sedangkan hari Selasa berada dalam zona kritis. Pendekat selatan dominan pada hari Minggu dan Senin dengan kontribusi arus 40,71% dan 40,66%, sedangkan pendekatan barat dominan pada hari Selasa sebesar 41,75%. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas 10% hanya menurunkan DJ pada hari Senin menjadi 1,035, sedangkan pada hari Selasa turun mendekati ambang rencana menjadi 0,851. Temuan ini menunjukkan bahwa penanganan awal perlu difokuskan pada optimasi waktu hijau di pendekatan selatan dan barat, pengendalian hambatan samping, serta pengamatan antrean pada jam puncak.

Kata kunci: derajat kejenuhan; Kota Kupang; PKJI 2023; simpang APILL; tundaan

Abstract

Urban traffic growth increases operational pressure on signalized intersections, particularly in areas serving commercial, office, educational, and residential activities. This study evaluates capacity, operational performance, and critical approaches at the Patung Kirab

signalized intersection in Kupang City based on the Indonesian Road Capacity Guidelines 2023 (PKJI 2023). The novelty of this study lies in integrating aggregate intersection performance evaluation with approach-based flow distribution analysis and capacity-improvement sensitivity scenarios to determine operational treatment priorities for a medium-sized city in Eastern Indonesia. A descriptive quantitative approach was applied through classified traffic-volume surveys, geometric observations, signal-timing observations, and side-friction observations over three days: Sunday 9 November 2025, Monday 10 November 2025, and Tuesday 11 November 2025. Surveys were conducted during three periods, namely 06:00–08:00, 12:00–14:00, and 18:00–20:00 WIT, and the analysis hour was selected based on the highest traffic volume for each observation day. The results show that the intersection capacities on Sunday, Monday, and Tuesday were 3,734.08, 3,645.51, and 3,589.57 skr/hour, respectively. The corresponding degrees of saturation were 0.739, 1.139, and 0.936, while the average delays were 4.125, 29.220, and 16.604 seconds/skr. Monday was oversaturated, whereas Tuesday operated in a critical range. The southern approach was dominant on Sunday and Monday, contributing 40.71% and 40.66% of total traffic flow, whereas the western approach was dominant on Tuesday, contributing 41.75%. The sensitivity analysis indicates that a 10% capacity increase would only reduce Monday's degree of saturation to 1.035, while Tuesday would decrease close to the planning threshold at 0.851. These findings indicate that initial treatments should prioritize green-time optimization for the southern and western approaches, side-friction control, and queue observation during peak hours.

Keywords: degree of saturation; delay; signalized intersection; Kupang City; PKJI 2023

Pendahuluan

Simpang bersinyal merupakan elemen kritis dalam jaringan jalan perkotaan karena menjadi titik pertemuan arus kendaraan dari beberapa pendekatan, arah pergerakan, dan kepentingan perjalanan. Gangguan pada simpang tidak hanya menambah tundaan pada titik tersebut, tetapi juga dapat merambat ke ruas-ruas di sekitarnya dalam bentuk antrean dan penurunan kecepatan. Pada kota-kota dengan pertumbuhan kendaraan yang cepat, kemacetan di simpang menimbulkan biaya waktu dan biaya operasi kendaraan yang signifikan bagi pengguna jalan (Nawaz et al., 2024). Oleh karena itu, evaluasi kinerja simpang secara periodik merupakan bagian penting dari manajemen dan rekayasa lalu lintas perkotaan.

Penilaian kinerja simpang bersinyal perlu dilakukan dengan indikator kuantitatif yang dapat dipertanggungjawabkan, antara lain arus lalu lintas, kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, indikasi antrean, serta hambatan di samping. Derajat kejenuhan menunjukkan tingkat keterpakaian kapasitas, sedangkan tundaan menunjukkan kehilangan waktu akibat pengendalian sinyal, perlambatan, dan antrean. Hubungan antara rasio arus-kapasitas dan tundaan tidak selalu linier karena dipengaruhi oleh pola kedatangan kendaraan, komposisi lalu lintas, disiplin lajur, dan pembagian waktu hijau. Karena itu, evaluasi kinerja simpang secara periodik menjadi bagian penting dalam manajemen dan rekayasa lalu lintas perkotaan (Othayoth & Rao, 2020). Dengan demikian, kinerja simpang perlu dianalisis melalui kombinasi beberapa indikator, bukan hanya berdasarkan pengamatan visual terhadap kepadatan kendaraan.

Karakteristik lalu lintas perkotaan di Indonesia yang heterogen dan didominasi sepeda motor juga memengaruhi kapasitas simpang bersinyal. Penelitian tentang passenger car equivalent pada simpang dengan proporsi sepeda motor yang tinggi menunjukkan bahwa nilai

ekivalensi kendaraan berpengaruh besar terhadap estimasi arus dalam satuan kendaraan ekuivalen (Sugiarto et al., 2021). Kajian arus jenuh pada simpang bersinyal dengan lalu lintas heterogen juga menegaskan bahwa kapasitas efektif sangat sensitif terhadap ukuran kendaraan, perilaku pengemudi, dan keteraturan pergerakan (Mondal et al., 2022; Mondal & Gupta, 2020; Sugiarto et al., 2024). Selain itu, hambatan samping seperti parkir di badan jalan, kendaraan berhenti, pejalan kaki, kendaraan keluar-masuk lahan, dan aktivitas naik-turun penumpang dapat menurunkan kapasitas efektif pendekat, terutama di kawasan komersial dan campuran (Biswas et al., 2021).

Di Indonesia, analisis kinerja fasilitas jalan mengacu pada pedoman kapasitas jalan yang berkembang dari MKJI 1997, PKJI 2014, hingga PKJI 2023 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014, 2023). Beberapa studi terbaru telah menerapkan PKJI 2023 dan/atau simulasi lalu lintas untuk mengevaluasi simpang perkotaan di Indonesia. Devi et al. (2024) menunjukkan bahwa kombinasi PKJI 2023 dan PTV VISSIM dapat digunakan untuk menilai pengaruh geometri dan konfigurasi sinyal terhadap kinerja simpang. Widodo & Farhanto (2025) menggunakan PTV VISSIM untuk menganalisis kinerja simpang bersinyal di Yogyakarta. Sementara itu, Maulidya (2022) menekankan pentingnya optimasi pengaturan sinyal dan ATCS dalam menurunkan antrean dan tundaan simpang.

Meskipun demikian, terdapat tiga celah penelitian yang masih perlu diisi. Pertama, sebagian besar kajian PKJI 2023 pada simpang bersinyal masih berfokus pada kinerja agregat simpang atau pada kota-kota besar di Pulau Jawa, sehingga bukti empiris pada kota sedang di kawasan Indonesia Timur masih terbatas. Kedua, banyak evaluasi simpang berhenti pada perhitungan kapasitas, derajat kejenuhan, dan tundaan tanpa menghubungkan hasil tersebut dengan distribusi arus per pendekat untuk menetapkan pendekat yang kritis. Ketiga, rekomendasi penanganan sering disampaikan secara umum, tetapi belum dilengkapi dengan analisis indikatif mengenai seberapa besar penambahan kapasitas atau waktu hijau yang dibutuhkan untuk menurunkan derajat kejenuhan hingga mencapai ambang rencana. Celah inilah yang menjadi dasar penelitian pada Simpang APILL Patung Kirab di Kota Kupang.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penyajian evaluasi kinerja Simpang APILL berbasis PKJI 2023 yang dipadukan dengan identifikasi pendekat kritis dan analisis sensitivitas peningkatan kapasitas. Pendekatan ini tidak hanya menjawab apakah simpang berada dalam kondisi jenuh, tetapi juga menunjukkan pendekat mana yang menjadi sumber utama tekanan operasional dan seberapa realistis penurunan derajat kejenuhan melalui skenario peningkatan kapasitas. Dengan demikian, kontribusi ilmiah penelitian ini adalah menyediakan kerangka evaluasi sederhana yang dapat digunakan sebagai dasar penentuan prioritas penanganan awal pada simpang bersinyal kota sedang, khususnya di kawasan Indonesia Timur.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis kapasitas dan kinerja operasional Simpang APILL Patung Kirab Kota Kupang berdasarkan PKJI 2023; (2) mengidentifikasi distribusi arus dan pendekat kritis berdasarkan kontribusi arus per pendekat; serta (3) menyusun implikasi penanganan melalui evaluasi waktu hijau, hambatan samping, dan skenario sensitivitas peningkatan kapasitas. Pertanyaan penelitian yang dijawab adalah: bagaimana kinerja simpang pada hari libur dan hari kerja; pendekat mana yang menjadi sumber dominan beban lalu lintas; dan seberapa besar kebutuhan peningkatan kapasitas indikatif untuk menurunkan derajat kejenuhan menuju ambang rencana.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Pendekatan kuantitatif digunakan karena indikator kinerja simpang dihitung berdasarkan data numerik berupa volume lalu lintas, komposisi kendaraan, kondisi geometrik pendekatan, pengaturan waktu sinyal, dan faktor penyesuaian kapasitas. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menafsirkan hasil perhitungan terhadap kondisi operasional Simpang APILL Patung Kirab Kota Kupang serta merumuskan implikasi penanganan lalu lintas yang sesuai.

Lokasi penelitian adalah Simpang APILL Patung Kirab Kota Kupang, yaitu simpang bersinyal empat lengan yang melayani pergerakan lalu lintas dari beberapa pendekatan utama. Pengamatan dilakukan selama tiga hari, yaitu Minggu, 9 November 2025 sebagai representasi hari libur, serta Senin, 10 November 2025 dan Selasa, 11 November 2025 sebagai representasi hari kerja. Survei volume lalu lintas dilakukan pada tiga periode waktu, yaitu pagi pukul 06.00–08.00 WIT, siang pukul 12.00–14.00 WIT, dan sore pukul 18.00–20.00 WIT. Setiap periode pengamatan dibagi ke dalam interval 1 jam untuk memperoleh arus lalu lintas yang lebih rinci. Data jam analisis yang digunakan dalam perhitungan kinerja simpang ditetapkan berdasarkan periode dengan volume lalu lintas tertinggi pada setiap hari pengamatan.

Survei dilakukan oleh tim surveyor yang ditempatkan di setiap pendekatan. Untuk menjaga keterbacaan data, setiap pendekatan diamati oleh dua surveyor yang bertugas mencatat volume kendaraan menurut jenis kendaraan dan arah pergerakan, mencatat waktu sinyal, mencatat kondisi hambatan samping, dan mendokumentasikan lapangan. Pembagian tugas surveyor dilakukan agar pencatatan kendaraan tidak tertumpuk pada satu titik dan agar pergerakan belok kiri, lurus, dan belok kanan dapat teridentifikasi secara lebih konsisten.

Data primer yang dikumpulkan meliputi volume lalu lintas terklasifikasi, arah gerakan kendaraan, kondisi geometrik pendekat, waktu sinyal APILL, serta hambatan samping. Kendaraan dikelompokkan menjadi sepeda motor (SM), mobil penumpang/kendaraan ringan (MP), dan kendaraan berat (KB), kemudian dikonversi ke satuan kendaraan ringan (skr) menggunakan nilai ekivalensi dalam PKJI 2023. Data sekunder berupa data kependudukan Kota Kupang digunakan untuk mendukung penentuan faktor ukuran kota dalam analisis (Badan Pusat Statistik Kota Kupang, 2025).

Validasi data dilakukan melalui tiga tahap. Pertama, rekapitulasi volume dilakukan per interval satu jam, per pendekat, dan per jenis kendaraan untuk memastikan tidak ada selisih antara jumlah kendaraan menurut pendekat dan jumlah total simpang. Kedua, data yang tidak wajar, seperti perubahan volume yang sangat ekstrem antarinterval atau ketidaksesuaian antara arus pendekat dan total simpang, diperiksa kembali terhadap lembar survei lapangan. Ketiga, data jam analisis dipilih dari interval dengan volume tertinggi pada setiap hari pengamatan agar perhitungan kinerja merepresentasikan kondisi yang paling kritis. Dengan prosedur ini, data yang digunakan dalam perhitungan kapasitas, derajat kejenuhan, dan tundaan merupakan data yang telah melalui pemeriksaan konsistensi dasar.

Hambatan samping diamati di area sekitar setiap mulut simpang selama interval pengamatan 1 jam. Kejadian yang dicatat meliputi pejalan kaki, kendaraan berhenti atau parkir, kendaraan keluar-masuk dari akses samping, serta kendaraan yang melaju lambat. Frekuensi setiap jenis kejadian dikalikan dengan bobot kejadian sesuai PKJI 2023, kemudian dijumlahkan

untuk menentukan kelas hambatan samping pada masing-masing pendekatan. Kelas hasil pengamatan selanjutnya digunakan dalam menentukan faktor penyesuaian arus jenuh.

Tahapan analisis kinerja simpang dilakukan berdasarkan prosedur Simpang APILL dalam PKJI 2023. Tahapan tersebut meliputi: (1) rekapitulasi volume lalu lintas hasil survei; (2) konversi kendaraan ke satuan kendaraan ringan; (3) penentuan arus lalu lintas setiap pendekatan dan arah pergerakan; (4) identifikasi tipe pendekatan, kondisi geometrik, dan pengaturan fase sinyal; (5) perhitungan arus jenuh dasar; (6) koreksi arus jenuh berdasarkan faktor penyesuaian; (7) perhitungan kapasitas pendekatan berdasarkan waktu hijau efektif dan waktu siklus; (8) perhitungan derajat kejenuhan; (9) perhitungan tundaan dan indikasi antrean; serta (10) analisis sensitivitas indikatif terhadap peningkatan kapasitas.

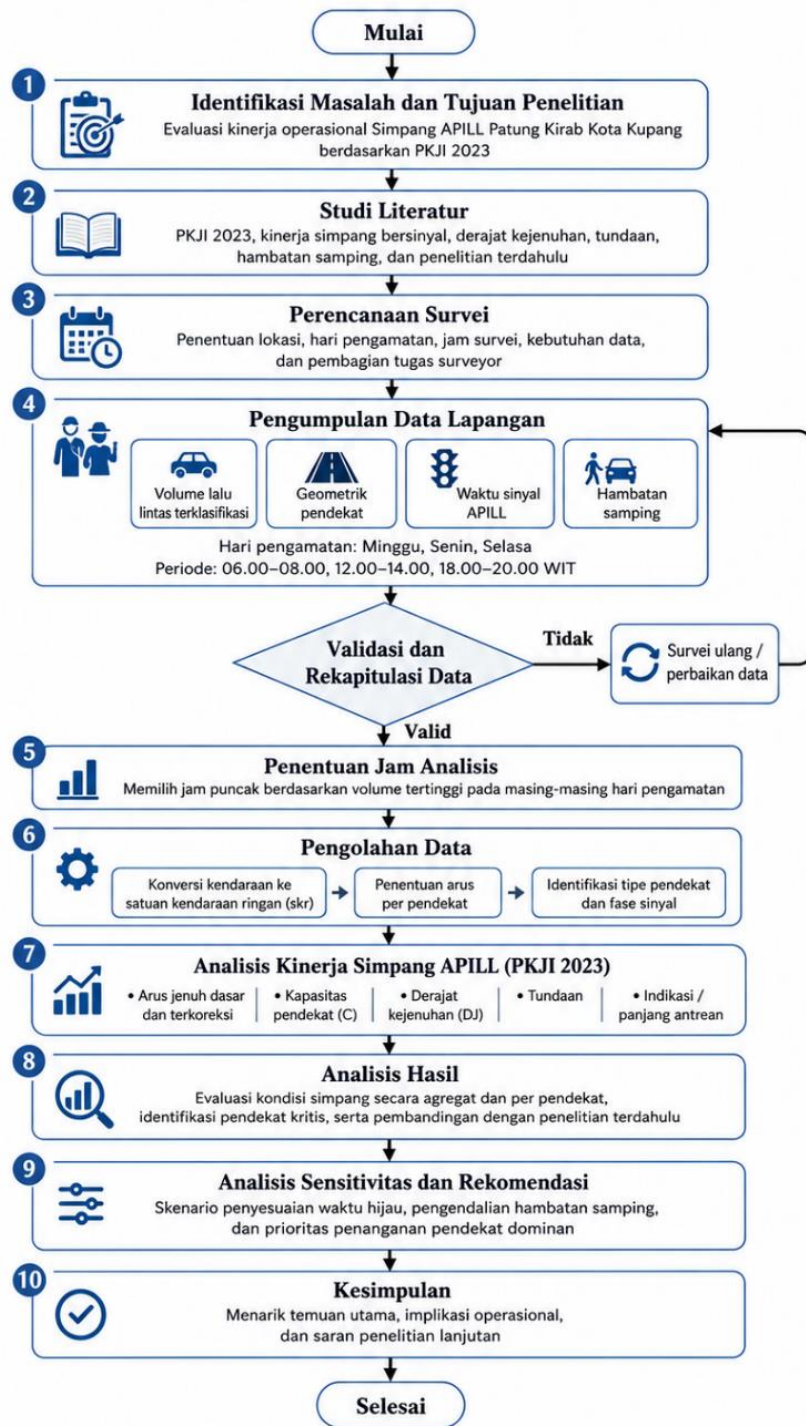
Perhitungan arus jenuh dasar pada pendekatan simpang bersinyal dilakukan berdasarkan lebar efektif pendekatan dengan persamaan $J_0 = 600 \times LE$. Arus jenuh dasar dikoreksi menggunakan faktor penyesuaian ukuran kota, hambatan samping, kelandaian, parkir, belok kiri, dan belok kanan. Kapasitas pendekatan dihitung dengan $C = J \times (H/S)$, sedangkan derajat kejenuhan dihitung dengan $DJ = Q/C$. Nilai $DJ \leq 0,85$ digunakan sebagai acuan kondisi operasional yang masih memenuhi kriteria perencanaan, sedangkan $DJ > 1$ menunjukkan kondisi lewat jenuh. Karena kapasitas simpang bersinyal berbanding lurus dengan rasio waktu hijau efektif terhadap waktu siklus, skenario sensitivitas peningkatan kapasitas digunakan secara indikatif untuk memperkirakan dampak penambahan kapasitas atau waktu hijau terhadap penurunan DJ.

Gambar 1 menampilkan diagram alir penelitian dan sedangkan ringkasan variabel dan sumber data penelitian ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel dan Sumber Data Penelitian

Variabel	Sumber data	Kegunaan Dalam Analisis
Volume lalu lintas	Survei lapangan tiga hari pengamatan	Menentukan arus lalu lintas setiap pendekatan dan arus total simpang
Jenis kendaraan	Klasifikasi SM, MP, dan KB	Konversi kendaraan ke satuan kendaraan ringan (skr)
Geometrik pendekatan	Pengamatan dan pengukuran lapangan	Menentukan lebar efektif pendekatan dan arus jenuh dasar
Waktu sinyal APILL	Observasi lapangan	Menentukan waktu siklus, waktu hijau, dan kapasitas pendekatan
Hambatan samping	Observasi aktivitas tepi jalan	Menentukan faktor penyesuaian dan interpretasi gangguan operasional
Data kependudukan	BPS Kota Kupang	Menentukan faktor penyesuaian ukuran kota

Sumber: Rancangan Penelitian, 2025



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Sumber: Rancangan Penelitian, 2025

Perhitungan arus jenuh dasar pada pendekatan simpang bersinyal dilakukan berdasarkan lebar efektif pendekatan. Secara umum, arus jenuh dasar dihitung dengan persamaan:

$$J_0 = 600 \times LE$$

$$\dots\dots(2.1)$$

dengan:

J_0 = arus jenuh dasar (skr/jam hijau)

LE = lebar efektif pendekat (m)

Arus jenuh dasar selanjutnya dikoreksi menggunakan faktor penyesuaian sesuai kondisi lapangan. Bentuk umum perhitungan arus jenuh terkoreksi adalah:

$$J = J_0 \times FUK \times FHS \times FG \times FP \times FBK_i \times FBK_a$$

$$\dots\dots(2.2)$$

dengan:

J = arus jenuh terkoreksi (skr/jam hijau)

FUK = faktor penyesuaian ukuran kota

FHS = faktor penyesuaian hambatan samping

FG = faktor penyesuaian kelandaian

FP = faktor penyesuaian parkir atau hambatan pada pendekat

FBK_i = faktor penyesuaian belok kiri

FBK_a = faktor penyesuaian belok kanan

Kapasitas setiap pendekat simpang bersinyal dihitung berdasarkan arus jenuh terkoreksi dan rasio waktu hijau terhadap waktu siklus, dengan persamaan:

$$C = J \times (H / S)$$

$$\dots\dots(2.3)$$

dengan:

C = kapasitas pendekat (skr/jam)

J = arus jenuh terkoreksi (skr/jam hijau)

H = waktu hijau efektif (detik)

S = waktu siklus (detik)

Derajat kejenuhan dihitung sebagai rasio antara arus lalu lintas dan kapasitas pendekat:

$$DJ = Q / C$$

$$\dots\dots(2.4)$$

dengan:

DJ = derajat kejenuhan

Q = arus lalu lintas pendekat (skr/jam)

C = kapasitas pendekat (skr/jam)

Nilai DJ digunakan sebagai indikator utama tingkat keterpakaian kapasitas simpang. Dalam penelitian ini, nilai $DJ \leq 0,85$ digunakan sebagai acuan kondisi operasional yang masih memenuhi kriteria perencanaan, sedangkan $DJ > 1$ menunjukkan bahwa arus lalu lintas telah melampaui kapasitas efektif pendekat sehingga simpang berada dalam kondisi lewat jenuh. Tundaan dianalisis sebagai waktu rata-rata kehilangan kendaraan akibat pengendalian sinyal, perlambatan, dan antrean. Selain itu, kondisi antrean ditafsirkan berdasarkan kombinasi nilai derajat kejenuhan, tundaan, dan hasil pengamatan di lapangan. Faktor utama dalam perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Ruas Pendekat dan Parameter Analisis Simpang APILL Patung Kirab

Pendekat	Ruas Jalan	Karakteristik Pendekat	Parameter Utama yang Digunakan Dalam Analisis
Utara	Jl. Eltari	Pendekat simpang bersinyal	Volume lalu lintas, arus belok kiri, arus lurus, arus belok kanan, lebar efektif pendekat, waktu hijau, waktu siklus, dan hambatan sampling
Timur	Jl. Frans Seda	Pendekat simpang bersinyal	Volume lalu lintas, arus belok kiri, arus lurus, arus belok kanan, lebar efektif pendekat, waktu hijau, waktu siklus, dan hambatan sampling
Selatan	Jl. Thamrin	Pendekat simpang bersinyal	Volume lalu lintas, arus belok kiri, arus lurus, arus belok kanan, lebar efektif pendekat, waktu hijau, waktu siklus, dan hambatan sampling
Barat	Jl. Frans Seda	Pendekat simpang bersinyal	Volume lalu lintas, arus belok kiri, arus lurus, arus belok kanan, lebar efektif pendekat, waktu hijau, waktu siklus, dan hambatan sampling

Sumber: Hasil Survei Lapangan dan Pengolahan Berdasarkan PKJI 2023

Simpang APILL Patung Kirab dianalisis sebagai simpang bersinyal empat lengan. Berdasarkan hasil survei geometrik, pendekat selatan merupakan Jl. Thamrin, pendekat utara merupakan Jl. Eltari, sedangkan pendekat barat dan timur merupakan Jl. Frans Seda. Oleh karena itu, analisis kinerja tidak hanya disajikan dalam bentuk total simpang, tetapi juga ditelusuri berdasarkan pendekat agar sumber beban lalu lintas dan potensi kejenuhan dapat diidentifikasi secara lebih spesifik. Pada simpang bersinyal, nilai kapasitas dan derajat kejenuhan sangat dipengaruhi oleh arus lalu lintas, lebar efektif pendekat, pengaturan fase, waktu hijau, waktu siklus, serta faktor penyesuaian lainnya sesuai dengan prosedur PKJI 2023.

Hasil dan Pembahasan

Distribusi Arus Lalu Lintas per Pendekat

Arus lalu lintas pada jam analisis menunjukkan bahwa beban simpang tidak terdistribusi merata pada seluruh pendekat. Rekapitulasi arus per pendekatan disajikan pada Tabel 3. Penyajian per pendekat diperlukan karena pada simpang bersinyal, pendekat dengan arus dominan dapat menjadi sumber tundaan dan antrean meskipun nilai kinerja agregat simpang belum seluruhnya menunjukkan kondisi lewat jenuh.

Tabel 3. Rekapitulasi Arus Lalu Lintas Jam Analisis Per Pendekat

Hari survei		Utara (skr/jam)	Timur (skr/jam)	Selatan (skr/jam)	Barat (skr/jam)	Total Q (skr/jam)	Pendekat dominan
Minggu, 9 Nov 2025		443,20	311,70	1.123,70	881,40	2.760,00	Selatan
Senin, 10 Nov 2025		447,00	541,80	1.688,10	1.474,90	4.151,80	Selatan
Selasa, 11 Nov 2025		352,00	582,20	1.022,80	1.402,50	3.359,50	Barat

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Berdasarkan Tabel 3, pendekatan selatan menjadi sumber arus terbesar pada hari Minggu dan Senin, sedangkan pendekatan barat menjadi sumber arus terbesar pada hari Selasa. Pada hari Senin, total arus meningkat menjadi 4.151,80 skr/jam atau naik sekitar 50,43% dibandingkan hari Minggu. Kenaikan ini terutama dikendalikan oleh pendekatan selatan dan barat, yang masing-masing mencapai 1.688,10 skr/jam dan 1.474,90 skr/jam. Dengan demikian, kondisi lewat jenuh pada hari Senin tidak hanya disebabkan oleh penurunan kapasitas, tetapi terutama oleh peningkatan permintaan arus pada pendekatan yang dominan.

Perubahan Kapasitas, Derajat Kejenuhan, dan Penyebab Kondisi Kritis

Perubahan kapasitas simpang antarhari relatif kecil dibandingkan dengan perubahan arus lalu lintas. Kapasitas turun dari 3.734,08 skr/jam pada hari Minggu menjadi 3.645,51 skr/jam pada hari Senin atau turun sekitar 2,37%. Pada hari Selasa, kapasitas menjadi 3.589,57 skr/jam atau turun sekitar 3,87% dibandingkan hari Minggu. Sebaliknya, arus pada hari Senin meningkat sekitar 50,43% dibandingkan hari Minggu. Perbandingan ini menunjukkan bahwa kondisi lewat jenuh terutama dipicu oleh lonjakan arus pada hari kerja, sedangkan variasi kapasitas kemungkinan dipengaruhi oleh perubahan komposisi gerakan belok, hambatan samping, dan efektivitas pelepasan arus pada pendekat dominan.

Tabel 4. Perubahan Arus, Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Hari survei		Q (skr/jam)	C (skr/jam)	DJ	Tundaan (det/skr)	Perubahan Q terhadap Minggu	Perubahan C terhadap Minggu
Minggu, 9 Nov 2025		2.760,00	3.734,08	0,739	4,125	Acuan	Acuan
Senin, 10 Nov 2025		4.151,80	3.645,51	1,139	29,220	+50,43%	-2,37%
Selasa, 11 Nov 2025		3.359,50	3.589,57	0,936	16,604	+21,72%	-3,87%

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Nilai DJ pada hari Senin sebesar 1,139 menunjukkan bahwa arus telah melampaui kapasitas efektif simpang. Hari Selasa juga tidak dapat dianggap aman karena DJ sebesar 0,936

telah melampaui ambang rencana sebesar 0,85. Dibandingkan dengan Maulidya (2022), yang melaporkan perlunya optimasi ATCS pada simpang dengan tundaan rata-rata sekitar 33,51 detik/smp, tundaan hari Senin pada Simpang APILL Patung Kirab sebesar 29,220 det/skr menunjukkan tingkat gangguan yang masih moderat, tetapi DJ yang telah melebihi 1 menandakan bahwa kapasitas efektif sudah tidak memadai. Kondisi ini memperkuat perlunya membaca DJ dan tundaan secara bersamaan, sebagaimana ditekankan oleh Othayoth & Rao (2020).

Analisis Sensitivitas Indikatif Peningkatan Kapasitas

Penelitian ini menghasilkan skenario indikatif untuk meningkatkan kapasitas. Pada simpang bersinyal, kapasitas pendekat berbanding lurus dengan arus jenuh terkoreksi dan rasio waktu hijau efektif terhadap waktu siklus. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas sebesar 5%, 10%, dan 15% dapat digunakan sebagai pendekatan awal untuk memperkirakan dampak penambahan waktu hijau efektif atau perbaikan pelepasan arus terhadap derajat kejenuhan. Skenario ini bersifat indikatif dan bukan desain waktu sinyal final karena belum memperhitungkan redistribusi waktu hijau antarpendekat, waktu hilang, koordinasi antarsimpang, serta validasi simulasi mikro.

Tabel 5. Skenario Sensitivitas Peningkatan Kapasitas Terhadap Derajat Kejenuhan

Hari	DJ eksisting	DJ jika C +5%	DJ jika C +10%	DJ jika C +15%	Kenaikan C minimum agar $DJ \leq 0,85$
Minggu	0,739	0,704	0,672	0,642	Tidak diperlukan
Senin	1,139	1,085	1,035	0,991	33,98%
Selasa	0,936	0,891	0,851	0,814	10,10%

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Tabel 5 menunjukkan bahwa kondisi pada hari Selasa relatif lebih mudah untuk dikembalikan mendekati ambang rencana. Peningkatan kapasitas sekitar 10% menurunkan DJ pada hari Selasa dari 0,936 menjadi 0,851, atau hampir mencapai ambang batas 0,85. Sebaliknya, hari Senin membutuhkan peningkatan kapasitas sekitar 33,98% agar DJ turun ke ambang rencana. Hal ini menunjukkan bahwa penanganan hari Senin tidak cukup hanya dengan sedikit penambahan waktu hijau, tetapi membutuhkan kombinasi penyesuaian fase, redistribusi waktu hijau ke pendekat selatan dan barat, pengurangan hambatan samping, dan pengendalian gerakan belok. Temuan ini sejalan dengan studi optimasi sinyal dan ATCS yang menunjukkan bahwa perubahan waktu siklus dan koordinasi sinyal dapat menurunkan tundaan, tetapi efektivitasnya sangat bergantung pada besaran arus dan distribusi beban pendekat (Cahya et al., 2024; Maulidya, 2022; Naway & Suryani, 2023).

Implikasi Penanganan dan Pbandingan dengan Studi Terdahulu

Hasil analisis menunjukkan bahwa pendekatan selatan dan barat menjadi prioritas penanganan karena keduanya berulang kali menyumbang proporsi arus terbesar. Pola ini berbeda dari evaluasi simpang yang hanya membaca nilai total simpang. Pada hari Senin, sekitar 76% arus terkonsentrasi pada pendekatan selatan dan barat. Karena itu, penyesuaian waktu hijau sebaiknya tidak dilakukan secara merata pada seluruh pendekatan, melainkan diarahkan pada pendekatan yang memberikan tekanan operasional paling besar.

Dibandingkan dengan Devi et al. (2024) dan Widodo & Farhanto (2025), penelitian ini belum menggunakan PTV VISSIM untuk menguji skenario operasi secara mikroskopis. Namun, analisis sensitivitas yang disajikan memberikan indikasi awal mengenai kebutuhan peningkatan kapasitas sebelum simulasi lebih lanjut dilakukan. Untuk kondisi hari Selasa, penambahan kapasitas sekitar 10% berpotensi menurunkan DJ mendekati ambang batas 0,85. Sebaliknya, kondisi hari Senin membutuhkan peningkatan kapasitas yang jauh lebih besar, sehingga perlu diuji melalui simulasi VISSIM, SIDRA, atau perangkat sejenis dalam penelitian lanjutan.

Dari sisi hambatan samping, hasil penelitian mendukung temuan Maulidya et al. (2021) bahwa penataan parkir dan aktivitas berhenti di badan jalan merupakan bagian penting dalam menjaga kapasitas efektif jalan perkotaan. Pada Simpang APILL Patung Kirab, hambatan samping perlu dikendalikan, terutama pada pendekat selatan dan barat, karena pendekat tersebut menerima beban arus yang dominan. Gangguan kecil pada pendekatan dominan dapat memperbesar tundaan secara tidak proporsional, khususnya ketika DJ sudah mendekati atau melampaui ambang rencana.

Secara praktis, rekomendasi awal penelitian ini adalah: (1) mengevaluasi ulang pembagian waktu hijau pada pendekat selatan dan barat; (2) menertibkan kendaraan berhenti, parkir, dan aktivitas naik-turun penumpang di sekitar mulut simpang; (3) memperjelas marka, garis henti, dan pengaturan gerakan belok; serta (4) melakukan survei antrean lapangan yang lebih rinci untuk memvalidasi hasil perhitungan PKJI. Jika setelah penanganan operasional DJ tetap berada di atas 0,85, maka alternatif pelebaran pendekat atau penambahan lajur khusus dapat dipertimbangkan melalui kajian teknis lanjutan.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja Simpang APILL Patung Kirab Kota Kupang berbeda antara hari libur dan hari kerja. Kapasitas simpang pada hari Minggu, Senin, dan Selasa berturut-turut adalah 3.734,08 skr/jam, 3.645,51 skr/jam, dan 3.589,57 skr/jam, sedangkan derajat kejenuhannya adalah 0,739; 1,139; dan 0,936. Hari Senin merupakan kondisi paling kritis karena DJ melebihi 1, sedangkan hari Selasa berada pada zona kritis karena DJ telah melampaui ambang rencana 0,85.

Distribusi arus per pendekat menunjukkan bahwa pendekat selatan dan barat merupakan sumber utama beban lalu lintas. Pendekat selatan dominan pada hari Minggu dan Senin dengan kontribusi 40,71% dan 40,66%, sedangkan pendekat barat dominan pada hari Selasa dengan kontribusi 41,75%. Dengan demikian, penanganan simpang perlu diprioritaskan pada kedua pendekat tersebut melalui evaluasi waktu hijau, pembagian fase, pengendalian hambatan samping, dan penataan gerakan kendaraan.

Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas sebesar 10% hampir cukup untuk menurunkan DJ pada hari Selasa ke ambang rencana, tetapi belum memadai untuk hari Senin. Pada hari Senin, dibutuhkan peningkatan kapasitas sekitar 33,98% agar DJ turun hingga 0,85. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi lewat jenuh pada hari Senin memerlukan kombinasi penyesuaian waktu sinyal, pengurangan hambatan samping, dan kemungkinan peningkatan kapasitas geometrik apabila penanganan operasional tidak memadai.

Keterbatasan penelitian ini adalah durasi survei hanya tiga hari, analisis belum menggunakan simulasi mikro seperti PTV VISSIM atau SIDRA, serta belum melakukan optimasi waktu sinyal

secara penuh berdasarkan data panjang antrean lapangan per pendekat. Penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan survei lebih panjang, mengukur panjang antrean aktual, dan menguji skenario optimasi sinyal menggunakan perangkat simulasi guna memperoleh rekomendasi waktu hijau yang lebih presisi.

Daftar Pustaka

- Afrianti, D. A., Handayani, S., & Sarwosri, H. S. (2023). Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas CBD di Kawasan Pemerintahan Kabupaten Kediri. *Warta Penelitian Perhubungan*, 35(1), 1–10. <https://doi.org/10.25104/warlit.v35i1.1917>
- Badan Pusat Statistik Kota Kupang. (2025). *Kota Kupang dalam angka 2025*. BPS Kota Kupang.
- Biswas, S., Chandra, S., & Ghosh, I. (2021). Side friction parameters and their influences on capacity of Indian undivided urban streets. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 10(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2020.03.007>
- Cahya P. P., A., Angelica, E. G., Setijowarno, D., & Hartanto, D. (2024). Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan Program PTV Vissim (Studi Kasus: Simpang Peterongan dan Simpang Ahmad Yani). *G-SMART*, 8(1), 17–27. <https://doi.org/10.24167/gsmart.v8i1.11477>
- Devi, K. W., Mardikawati, B., & Atmajaya, A. B. (2024). Pengaruh geometri dan konfigurasi sinyal terhadap kinerja simpang dengan pendekatan PKJI 2023 dan PTV VISSIM: Studi kasus Simpang Tugu Wisnu di Kota Surakarta. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.36733/jikt.v13i1.9027>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2014). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Maulidya, I. (2022). Optimisasi kinerja Area Traffic Control System (ATCS) di Simpang Dome Kota Balikpapan. *Warta Penelitian Perhubungan*, 34(2), 119–128. <https://doi.org/10.25104/warlit.v34i2.1804>
- Maulidya, I., Kurniati, N. L. W. R., & Andari, T. (2021). Penataan Parkir di Badan Jalan Kota Payakumbuh. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 23(1), 37–54. <https://doi.org/10.25104/jptd.v23i1.1686>
- Mondal, S., & Gupta, A. (2020). A review of methodological approaches for saturation flow estimation at signalized intersections. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 47(3), 237–247. <https://doi.org/10.1139/cjce-2018-0696>
- Mondal, S., Gupta, A., & Zhao, J. (2022). Two-step optimization model for evaluating the saturation flow rate under the impact of small-sized vehicles. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 148, 4022019. <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.0000664>
- Naway, F. R., & Suryani, F. (2023). Perencanaan Area Traffic Control System (ATCS) untuk Optimasi Kinerja Persimpangan pada Jalan H.M. Joyo Martono, Kota Bekasi. *IKRAITH-Teknologi*, 7(1), 53–63. <https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v7i1.2320>

- Nawaz, I., Almoshaogeh, M., Ahmed, T., Moeinaddini, M., Jamal, A., & Alharbi, F. (2024). An empirical framework to quantify the individual traffic congestion cost for private motorized vehicle users. *SAGE Open*, 14(2). <https://doi.org/10.1177/21582440241249801>
- Othayoth, D., & Rao, K. V. K. (2020). Assessing the relationship between perceived waiting time and level of service at signalized intersection under heterogeneous traffic conditions. *Asian Transport Studies*, 6, 100024. <https://doi.org/10.1016/j.eastsj.2020.100024>
- Prasetyo, P. Y., Priyanto, S., & Muthohar, I. (2021). Pengaturan Pola Arus Lalu Lintas di Kawasan PLTU Karangandri Cilacap: Studi Kasus Ruas Jalan Lingkar Timur Cilacap. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 23(1), 1–17. <https://doi.org/10.25104/jptd.v23i1.1556>
- Sugiarto, S., Apriandy, F., Darma, Y., Saleh, S. M., Rusdi, M., & Miwa, T. (2021). Determining passenger car equivalent (PCEs) for pretimed signalized intersections with severe motorcycle composition using Bayesian linear regression. *PLOS ONE*, 16(9), e0256620. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256620>
- Sugiarto, S., Saleh, S. M., Darma, Y., Rusdi, M., A'yuni, Q., Fazila, T. S., & Rahma, R. (2024). Base saturation flow rate (BSFR) and its effect on performance of pretimed signalized intersection with non-lane based urban heterogeneous traffic. *PLOS ONE*, 19(7), e0306112. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306112>
- Widodo, W., & Farhanto, A. S. (2025). Analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM 2024: Studi kasus simpang empat Daerah Istimewa Yogyakarta. *Bulletin of Civil Engineering*, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.18196/bce.v5i1.25837>