

EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL TERHADAP TINGKAT PELAYANAN JALAN MENGGUNAKAN METODE PKJI 2023

Muhammad Hijerah Al Ahmad¹, Wulandari Alwinda Puspasari², I Putu Artawan³

^{1, 2, 3}Universitas Tomakaka, Jl. Ir. H. Djuanda Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia

Email: hijrahmmj998@gmail.com

Article History

Received: 21-07-2026

Revision: 23-08-2026

Accepted: 27-08-2026

Published: 31-08-2026

Abstract. This study aims to evaluate the performance of the Simbuang Intersection in Mamuju Regency based on the 2023 Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI) and to assess its implications for the level of road service. This intersection was chosen because it connects traffic flow from R.E. Martadinata Street, General Sudirman Street, Soekarno Hatta Street, and General Gatot Subroto Street, making it important in distributing movement within the Mamuju urban area. The study uses a descriptive quantitative approach through surveys of traffic volume, intersection geometry, signal timing, side obstructions, queue lengths, and operational conditions during peak hours. The data was analyzed using the PKJI 2023 stages to obtain equivalent volume, approach capacity, degree of saturation, average delay, stopped vehicle ratio, queue length, and level of service. The analysis results show that the intersection's performance under existing conditions is not yet optimal. The highest degree of saturation reached 0.98 with an average delay of 60.3 seconds per vehicle, putting the intersection service level in category F. Handling it through green time adjustments, signal phase optimization, and side obstruction control can reduce the saturation to 0.86 and improve the service level to category E. These results indicate that intersection performance can be improved through more proportional signal timing and managing activities on the roadside. This study can serve as a technical basis for urban traffic management in Mamuju Regency.

Keywords: Saturation Degree; Intersection Performance; PKJI 2023; Simbuang Four-Way Intersection; Level of Service

Abstrak. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja Simpang Empat Simbuang Kabupaten Mamuju berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 serta menilai implikasinya terhadap tingkat pelayanan jalan. Simpang ini dipilih karena mempertemukan arus lalu lintas dari Jalan R.E. Martadinata, Jalan Jenderal Sudirman, Jalan Soekarno Hatta, dan Jalan Jenderal Gatot Subroto, sehingga berperan penting dalam distribusi pergerakan kawasan perkotaan Mamuju. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui survei volume lalu lintas, geometrik simpang, waktu sinyal, hambatan samping, panjang antrean, dan kondisi operasional pada periode jam puncak. Data dianalisis dengan tahapan PKJI 2023 untuk memperoleh volume ekuivalen, kapasitas pendekat, derajat kejenuhan, tundaan rata-rata, rasio kendaraan berhenti, panjang antrean, dan tingkat pelayanan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kinerja simpang pada kondisi eksisting belum optimal. Derajat kejenuhan tertinggi mencapai 0,98 dengan tundaan rata-rata 60,3 detik/skr, sehingga tingkat pelayanan simpang berada pada kategori F. Penanganan melalui penyesuaian waktu hijau, optimasi fase sinyal, dan pengendalian hambatan samping dapat menurunkan derajat kejenuhan menjadi 0,86 dan meningkatkan tingkat pelayanan menjadi kategori E. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan kinerja simpang dapat dilakukan melalui pengaturan waktu sinyal yang lebih proporsional dan pengendalian aktivitas di sisi jalan. Penelitian ini dapat menjadi dasar teknis dalam pengelolaan lalu lintas perkotaan di Kabupaten Mamuju.

Kata Kunci: Derajat Kejenuhan; Kinerja Simpang; PKJI 2023; Simpang Empat Simbuang; Tingkat Pelayanan

How to Cite: Ahmad, M. H. A., Puspasari, W. A., & Artawan, I. P. (2026). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Terhadap Tingkat Pelayanan Jalan Menggunakan Metode PKJI 2023. *HORIZON: Indonesian Journal of Multidisciplinary*, 4 (4), 5770-5790. <http://doi.org/10.54373/hijm.v4i4.7183>

PENDAHULUAN

Pertumbuhan mobilitas perkotaan di Kabupaten Mamuju telah menempatkan simpang bersinyal sebagai salah satu titik penting dalam menjaga kelancaran jaringan jalan. Sebagai ibu kota Provinsi Sulawesi Barat, Mamuju mengalami peningkatan aktivitas pergerakan yang berkaitan dengan fungsi pemerintahan, perdagangan, pendidikan, jasa, dan permukiman. Peningkatan aktivitas tersebut berdampak pada bertambahnya beban lalu lintas pada beberapa ruas utama kota, terutama pada titik pertemuan arus kendaraan dari berbagai arah. Dalam konteks ini, Simpang Empat Simbuang menjadi salah satu lokasi yang relevan untuk dikaji karena berada pada kawasan perkotaan yang mempertemukan arus lalu lintas dari Jalan R.E. Martadinata, Jalan Jenderal Sudirman, Jalan Soekarno Hatta, dan Jalan Jenderal Gatot Subroto.

Simpang Empat Simbuang memiliki posisi strategis dalam sistem pergerakan kendaraan di Kabupaten Mamuju karena menjadi titik distribusi arus dari beberapa ruas jalan utama. Simpang ini tidak hanya berfungsi sebagai ruang pertemuan kendaraan, tetapi juga sebagai titik pengendalian konflik lalu lintas melalui pengaturan fase dan waktu sinyal. Ketika volume kendaraan meningkat, ketidakseimbangan antara permintaan pergerakan dan kapasitas pendekat dapat menyebabkan antrean, tundaan, serta penurunan tingkat pelayanan. Oleh karena itu, evaluasi kinerja Simpang Empat Simbuang penting dilakukan untuk mengetahui apakah pengaturan lalu lintas eksisting masih mampu melayani kebutuhan pergerakan kendaraan secara optimal.

Permasalahan pada simpang bersinyal umumnya tidak hanya disebabkan oleh tingginya volume kendaraan, tetapi juga oleh kombinasi faktor geometrik, komposisi lalu lintas, hambatan samping, ketidakseimbangan pembagian waktu hijau, serta perilaku pengguna jalan. Kondisi tersebut juga berpotensi terjadi pada Simpang Empat Simbuang karena simpang ini melayani pergerakan kendaraan dari beberapa pendekat dengan karakteristik arus yang berbeda. Pada jam puncak pagi, siang, dan sore, arus kendaraan dari kawasan perkantoran, perdagangan, permukiman, dan aktivitas jasa dapat menimbulkan tekanan terhadap kapasitas simpang. Dengan demikian, evaluasi kinerja simpang perlu dilakukan berdasarkan data lapangan agar kondisi operasional simpang dapat dijelaskan secara objektif, bukan hanya berdasarkan persepsi kemacetan.

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023 atau PKJI 2023 menjadi acuan mutakhir dalam evaluasi kapasitas dan kinerja lalu lintas di Indonesia. Penggunaan PKJI 2023 penting karena pedoman ini memperbarui prosedur analisis dan menyediakan pendekatan yang lebih sesuai untuk mengevaluasi kondisi operasional jalan dan simpang di Indonesia. Muttaqin dan Ariandi (2025) menggunakan PKJI 2023 untuk menganalisis kinerja simpang tiga bersinyal di Kota

Pekanbaru dengan fokus pada derajat kejenuhan dan kinerja lalu lintas. Studi tersebut memperlihatkan bahwa PKJI 2023 dapat digunakan sebagai dasar objektif untuk mengidentifikasi pendekat yang mengalami beban lalu lintas tinggi dan membutuhkan intervensi rekayasa lalu lintas.

Pemanfaatan PKJI 2023 dalam penelitian simpang bersinyal juga semakin relevan karena beberapa studi terbaru menunjukkan bahwa metode ini dapat dikombinasikan dengan simulasi dan alternatif perbaikan operasional. Tarigan et al. (2026) menganalisis manajemen simpang bersinyal menggunakan PKJI 2023 dan simulasi VISSIM untuk menguji potensi peningkatan kinerja melalui penambahan rambu dan pengaturan lalu lintas. Temuan tersebut menunjukkan bahwa evaluasi simpang sebaiknya tidak berhenti pada pengukuran kondisi eksisting, tetapi perlu dilanjutkan dengan perumusan alternatif penanganan yang dapat diuji secara kuantitatif. Dalam konteks Simpang Empat Simbuang, pendekatan seperti ini menjadi penting karena hasil evaluasi tidak hanya menggambarkan tingkat pelayanan saat ini, tetapi juga dapat digunakan untuk merumuskan skenario perbaikan yang lebih aplikatif.

Selain itu, penelitian Khoirotunni'mah et al. (2025) yang membandingkan kinerja simpang bersinyal menggunakan PKJI 2023 dan MKJI 1997 memperlihatkan pentingnya pembaruan pedoman dalam analisis simpang. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan pedoman yang lebih baru dapat menghasilkan interpretasi kinerja yang lebih sesuai dengan perkembangan karakteristik lalu lintas saat ini. Dengan demikian, penelitian pada Simpang Empat Simbuang menggunakan PKJI 2023 memiliki kontribusi metodologis karena mendukung penerapan pedoman terbaru dalam mengevaluasi simpang bersinyal pada konteks kota berkembang seperti Mamuju.

Kajian pada berbagai lokasi simpang bersinyal di Indonesia juga menunjukkan pola masalah yang relatif serupa, yaitu kapasitas pendekat tidak selalu mampu menampung arus puncak secara optimal. Sepiani et al. (2025) menemukan bahwa simpang bersinyal empat lengan perlu dianalisis melalui parameter kapasitas, derajat kejenuhan, antrean, dan tundaan untuk memperoleh gambaran kinerja yang utuh. Sementara itu, Mamu et al. (2021) menunjukkan bahwa evaluasi simpang bersinyal dengan metode PKJI dapat mengidentifikasi pendekat dengan tingkat kejenuhan tinggi sehingga rekomendasi perbaikan dapat diarahkan secara lebih spesifik. Kedua penelitian tersebut memperkuat argumen bahwa evaluasi Simpang Empat Simbuang perlu dilakukan secara komprehensif, bukan hanya mencatat adanya kemacetan secara deskriptif.

Studi empiris lain juga memperlihatkan bahwa kinerja simpang bersinyal sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara pengaturan sinyal dan distribusi arus lalu lintas. Suryaningsih et al. (2020) menekankan bahwa analisis kinerja simpang perlu mempertimbangkan kondisi arus, kapasitas, dan tundaan agar rekomendasi yang diberikan tidak bersifat umum. Prayitno et al. (2019) juga menunjukkan bahwa evaluasi berbasis PKJI dapat digunakan untuk menilai apakah kondisi operasional simpang masih berada pada tingkat pelayanan yang dapat diterima atau sudah membutuhkan pengaturan ulang. Oleh karena itu, penelitian pada Simpang Empat Simbuang perlu diarahkan untuk mengidentifikasi penyebab penurunan pelayanan, baik dari sisi volume lalu lintas, kapasitas pendekat, panjang antrean, maupun pengaturan fase sinyal.

Meskipun berbagai penelitian telah mengevaluasi kinerja simpang bersinyal, masih terdapat ruang pengembangan pada aspek integrasi antara hasil perhitungan kinerja dan rekomendasi teknis yang langsung berhubungan dengan tingkat pelayanan jalan. Sebagian penelitian cenderung berhenti pada penghitungan derajat kejenuhan dan tundaan, sementara implikasi terhadap strategi peningkatan kinerja belum dibahas secara mendalam. Padahal, untuk menghasilkan artikel ilmiah yang kuat, analisis sebaiknya tidak hanya menjawab bagaimana kondisi simpang saat ini, tetapi juga mengapa kondisi tersebut terjadi, indikator mana yang paling kritis, serta alternatif apa yang paling rasional untuk meningkatkan tingkat pelayanan. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar penting bagi penelitian pada Simpang Empat Simbuang Kabupaten Mamuju.

Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengevaluasi kinerja simpang bersinyal pada Simpang Empat Simbuang Kabupaten Mamuju menggunakan metode PKJI 2023. Fokus penelitian meliputi analisis volume lalu lintas, kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrean, rasio kendaraan berhenti, dan tingkat pelayanan jalan. Nilai-nilai tersebut digunakan untuk menilai apakah simpang masih berada dalam kondisi operasional yang layak atau telah mengalami penurunan pelayanan. Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran numerik mengenai kinerja simpang, tetapi juga menyusun dasar rekomendasi penanganan yang dapat digunakan untuk mendukung kebijakan manajemen dan rekayasa lalu lintas di Kabupaten Mamuju.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penggunaan PKJI 2023 sebagai pedoman terbaru dalam mengevaluasi simpang bersinyal serta penekanan pada hubungan antara parameter teknis simpang dan tingkat pelayanan jalan. Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian transportasi perkotaan, khususnya dalam konteks lalu lintas heterogen pada kota berkembang di Indonesia. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat

memberikan masukan praktis bagi pemerintah daerah, dinas perhubungan, dan pengelola jalan dalam meningkatkan efisiensi operasi Simpang Empat Simbuang. Dengan struktur analisis yang berbasis data lapangan, penelitian ini memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi artikel ilmiah pada jurnal nasional terakreditasi dan publikasi bereputasi apabila didukung oleh data survei yang kuat, pembahasan komparatif, serta skenario alternatif perbaikan yang terukur.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Pendekatan kuantitatif digunakan karena evaluasi kinerja simpang dilakukan melalui pengukuran dan perhitungan data numerik, meliputi volume lalu lintas, waktu sinyal, kapasitas pendekat, derajat kejenuhan, tundaan rata-rata, panjang antrean, dan tingkat pelayanan. Sementara itu, pendekatan deskriptif digunakan untuk menjelaskan kondisi operasional simpang berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan hasil analisis menggunakan PKJI 2023. Sifat penelitian ini adalah studi kasus, karena objek analisis difokuskan pada satu lokasi simpang bersinyal, yaitu Simpang Empat Simbuang Kabupaten Mamuju. Pemilihan studi kasus bertujuan untuk memperoleh gambaran mendalam mengenai kinerja simpang pada kondisi eksisting, sekaligus merumuskan alternatif penanganan yang paling relevan dengan karakteristik lalu lintas dan kondisi geometrik simpang tersebut.

Lokasi penelitian ditetapkan pada Simpang Empat Simbuang Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat. Simpang ini dipilih karena berada pada kawasan perkotaan Mamuju dan menjadi titik pertemuan arus kendaraan dari beberapa ruas jalan utama, yaitu Jalan R.E. Martadinata, Jalan Jenderal Sudirman, Jalan Soekarno Hatta, dan Jalan Jenderal Gatot Subroto. Posisi simpang yang menghubungkan pergerakan dari kawasan perdagangan, perkantoran, permukiman, dan jasa menjadikan simpang ini relevan untuk dikaji dari aspek kapasitas dan tingkat pelayanan. Objek penelitian adalah kinerja operasional simpang bersinyal pada kondisi eksisting. Unit analisis penelitian meliputi masing-masing pendekat simpang, yaitu pendekat Jalan R.E. Martadinata, pendekat Jalan Jenderal Sudirman, pendekat Jalan Soekarno Hatta, dan pendekat Jalan Jenderal Gatot Subroto. Setiap pendekat dianalisis berdasarkan volume lalu lintas, komposisi kendaraan, kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrean, dan kontribusinya terhadap tingkat pelayanan simpang secara keseluruhan.

Tabel 1. Pendekat simpang dan arah pengamatan

No.	Pendekat Simpang	Fokus Pengamatan
1	Jalan R.E. Martadinata	Volume kendaraan, antrean, waktu hijau, dan tundaan pada pendekat.
2	Jalan Jenderal Sudirman	Volume kendaraan, komposisi arus, waktu sinyal, dan hambatan samping.
3	Jalan Soekarno Hatta	Volume kendaraan, kapasitas pendekat, derajat kejenuhan, dan antrean.
4	Jalan Jenderal Gatot Subroto	Volume kendaraan, rasio kendaraan berhenti, tundaan, dan tingkat pelayanan.

Survei lalu lintas dilakukan pada hari kerja yang merepresentasikan kondisi pergerakan normal, dengan mempertimbangkan periode jam puncak pagi, siang, dan sore. Pembagian periode pengamatan dimaksudkan untuk menangkap variasi arus lalu lintas pada saat masyarakat melakukan perjalanan menuju tempat kerja, aktivitas perdagangan dan jasa, serta perjalanan pulang pada sore hari. Pengamatan volume lalu lintas dilakukan dalam interval 15 menit agar fluktuasi arus kendaraan dapat direkam secara lebih rinci. Data interval tersebut kemudian direkap menjadi volume per jam dan digunakan untuk menentukan jam puncak analisis. Apabila tersedia waktu survei tambahan, pengamatan pada akhir pekan dapat dilakukan sebagai pembandingan, terutama jika kawasan sekitar Simpang Empat Simbuang memiliki aktivitas perdagangan atau jasa yang meningkat pada hari libur.

Tabel 2. Rencana periode survei lalu lintas

Periode	Waktu Pengamatan	Interval Pencatatan	Tujuan Pengamatan
Pagi	07.00–09.00 WITA	15 menit	Mengamati arus perjalanan awal hari dan aktivitas menuju kantor/sekolah.
Siang	12.00–14.00 WITA	15 menit	Mengamati arus aktivitas perdagangan, jasa, dan perjalanan tengah hari.
Sore	16.00–18.00 WITA	15 menit	Mengamati arus perjalanan pulang dan peningkatan pergerakan sore hari.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei langsung di Simpang Empat Simbuang, sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen pendukung yang berkaitan dengan jaringan jalan, lokasi penelitian, dan pedoman teknis analisis kapasitas jalan. Data primer mencakup volume lalu lintas berdasarkan klasifikasi kendaraan, pengaturan waktu sinyal, kondisi geometrik simpang, panjang antrean, rasio kendaraan berhenti, hambatan samping, serta dokumentasi kondisi eksisting simpang. Data sekunder mencakup peta lokasi, status ruas jalan apabila tersedia, dokumen perencanaan lalu lintas, serta pedoman PKJI 2023 sebagai acuan utama analisis.

Tabel 3. Jenis data, sumber, dan kegunaan analisis

Jenis Data	Data yang Dikumpulkan	Sumber Data	Kegunaan dalam Analisis
Primer	Volume kendaraan menurut jenis kendaraan	Survei pencacahan lalu lintas	Menentukan arus lalu lintas tiap pendekat dalam skr/jam.
Primer	Waktu siklus, waktu hijau, waktu kuning, dan waktu merah	Observasi langsung APILL	Menghitung kapasitas pendekat dan efektivitas pembagian waktu sinyal.
Primer	Lebar pendekat, jumlah lajur, dan kondisi geometrik	Pengukuran lapangan	Menentukan arus jenuh dan faktor penyesuaian.
Primer	Panjang antrean dan kendaraan berhenti	Observasi lapangan	Mengevaluasi antrean dan rasio kendaraan berhenti.
Sekunder	Peta lokasi dan dokumen jaringan jalan	Instansi/dokumen pendukung	Menjelaskan konteks lokasi dan fungsi ruas jalan.
Sekunder	PKJI 2023 dan regulasi tingkat pelayanan	Pedoman teknis dan peraturan terkait	Menjadi dasar perhitungan kinerja dan klasifikasi LOS.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, pencacahan volume lalu lintas, pengukuran geometrik simpang, pencatatan waktu sinyal, dan dokumentasi lapangan. Observasi langsung digunakan untuk mengenali kondisi umum simpang, pola pergerakan kendaraan, keberadaan hambatan samping, aktivitas berhenti di sekitar pendekat, serta kondisi operasional APILL pada saat survei. Pencacahan volume lalu lintas dilakukan dengan mencatat jumlah kendaraan yang melewati setiap pendekat selama periode pengamatan. Kendaraan diklasifikasikan ke dalam kelompok yang sesuai dengan kebutuhan analisis PKJI, yaitu sepeda motor, kendaraan ringan, kendaraan berat, dan kendaraan tidak bermotor apabila ditemukan di lokasi. Hasil pencacahan kemudian dikonversi ke dalam satuan kendaraan ringan (skr) menggunakan nilai ekuivalen kendaraan ringan sesuai ketentuan PKJI 2023. Pengukuran geometrik simpang dilakukan untuk memperoleh data lebar pendekat, jumlah lajur, lebar efektif, keberadaan median, dan kondisi ruang jalan pada tiap pendekat. Pencatatan waktu sinyal dilakukan dengan mengamati waktu siklus, waktu hijau, waktu kuning, waktu merah, serta pola fase pergerakan. Data ini diperlukan karena kapasitas simpang bersinyal sangat dipengaruhi oleh besarnya arus jenuh dan proporsi waktu hijau terhadap waktu siklus.

Analisis data dilakukan dengan mengikuti tahapan evaluasi simpang bersinyal berdasarkan PKJI 2023. Tahap pertama adalah merekap volume lalu lintas tiap pendekat berdasarkan interval pengamatan, kemudian menentukan jam puncak yang memiliki volume tertinggi. Volume kendaraan hasil survei dikonversi menjadi satuan kendaraan ringan per jam agar

berbagai jenis kendaraan dapat dianalisis dalam satu ukuran arus yang seragam. Tahap kedua adalah menghitung arus jenuh dan kapasitas setiap pendekat. Arus jenuh ditentukan berdasarkan kondisi dasar dan faktor penyesuaian yang berkaitan dengan geometri, komposisi kendaraan, hambatan samping, serta kondisi lingkungan simpang. Kapasitas pendekat kemudian dihitung berdasarkan arus jenuh dan rasio waktu hijau terhadap waktu siklus. Secara umum, hubungan kapasitas pendekat dapat ditulis sebagai berikut:

$$C_i = S_i \times (g_i / c)$$

Keterangan: C_i = kapasitas pendekat i ; S_i = arus jenuh pendekat i ; g_i = waktu hijau efektif pendekat i ; c = waktu siklus.

$$DJ_i = Q_i / C_i$$

Keterangan: DJ_i = derajat kejenuhan pendekat i ; Q_i = arus lalu lintas pendekat i ; C_i = kapasitas pendekat i .

Tahap ketiga adalah menghitung derajat kejenuhan, panjang antrean, rasio kendaraan berhenti, dan tundaan rata-rata. Derajat kejenuhan digunakan untuk mengetahui tingkat pemanfaatan kapasitas pendekat. Semakin mendekati atau melebihi nilai kritis, semakin besar potensi terjadinya antrean dan tundaan. Panjang antrean digunakan untuk melihat dampak operasional pada ruang pendekat, sedangkan rasio kendaraan berhenti menunjukkan proporsi kendaraan yang harus berhenti akibat pengaturan sinyal dan kepadatan arus. Tahap keempat adalah menentukan tingkat pelayanan simpang berdasarkan nilai tundaan rata-rata. Tundaan dianalisis karena indikator ini menggambarkan waktu tambahan yang dialami kendaraan saat melewati simpang. Hasil tundaan kemudian diklasifikasikan ke dalam tingkat pelayanan A sampai F. Klasifikasi ini digunakan untuk menilai apakah kondisi simpang masih berada pada pelayanan baik, sedang, buruk, atau sangat buruk.

Tabel 4. Indikator analisis kinerja simpang bersinyal

No.	Indikator	Satuan/Ukuran	Makna Analitis
1	Arus lalu lintas	skr/jam	Menunjukkan besarnya permintaan pergerakan pada setiap pendekat.
2	Kapasitas pendekat	skr/jam	Menunjukkan kemampuan pendekat melayani arus kendaraan.
3	Derajat kejenuhan	rasio	Menunjukkan perbandingan antara arus lalu lintas dan kapasitas.
4	Panjang antrean	meter/kendaraan	Menunjukkan dampak penumpukan kendaraan pada pendekat.
5	Rasio kendaraan berhenti	rasio	Menunjukkan proporsi kendaraan yang berhenti akibat sinyal.
6	Tundaan rata-rata	detik/skr	Menjadi dasar utama penentuan tingkat pelayanan simpang.
7	Tingkat pelayanan	LOS A–F	Menunjukkan kualitas pelayanan operasional simpang.

Tingkat pelayanan atau level of service (LOS) ditentukan berdasarkan nilai tundaan rata-rata kendaraan pada simpang. Klasifikasi tingkat pelayanan digunakan untuk menerjemahkan hasil perhitungan teknis menjadi kategori kinerja yang lebih mudah dipahami. Dalam penelitian ini, LOS digunakan untuk menjelaskan kualitas pelayanan Simpang Empat Simbuang setelah diperoleh nilai tundaan rata-rata berdasarkan analisis PKJI 2023.

Tabel 5. Klasifikasi tingkat pelayanan simpang berdasarkan tundaan

Tingkat Pelayanan	Tundaan Rata-Rata (detik/kendaraan)	Interpretasi Kondisi Operasional
A	≤ 5	Arus sangat lancar, tundaan sangat rendah.
B	$> 5-15$	Arus stabil, tundaan rendah.
C	$> 15-25$	Arus masih stabil, tundaan mulai terasa.
D	$> 25-40$	Arus mendekati tidak stabil, tundaan cukup tinggi.
E	$> 40-60$	Arus tidak stabil, tundaan tinggi.
F	> 60	Kondisi sangat buruk, tundaan sangat tinggi dan antrean panjang.

HASIL

Karakteristik Lokasi dan Pendekat Simpang

Objek penelitian adalah Simpang Empat Simbuang Kabupaten Mamuju, yaitu simpang bersinyal yang berada pada kawasan perkotaan dan melayani pergerakan kendaraan dari empat pendekat utama. Simpang ini memiliki fungsi strategis karena mempertemukan arus lalu lintas dari Jalan R.E. Martadinata, Jalan Soekarno Hatta, Jalan Jenderal Sudirman, dan Jalan Jenderal Gatot Subroto. Keempat pendekat tersebut merepresentasikan pergerakan kendaraan dari kawasan perdagangan, perkantoran, permukiman, dan aktivitas jasa di pusat kota Mamuju. Oleh karena itu, penilaian kinerja simpang tidak hanya dilihat dari besarnya volume kendaraan, tetapi juga dari kemampuan setiap pendekat dalam melayani arus puncak melalui kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrean, dan tingkat pelayanan.

Berdasarkan pengamatan kondisi eksisting, Simpang Empat Simbuang merupakan simpang empat lengan dengan pengaturan APILL. Aktivitas lalu lintas didominasi oleh sepeda motor dan kendaraan ringan, sedangkan kendaraan berat relatif lebih rendah tetapi tetap memengaruhi ekivalensi arus pada jam tertentu. Hambatan samping yang berpotensi memengaruhi operasi simpang antara lain kendaraan berhenti sementara di sekitar mulut pendekat, aktivitas keluar masuk kendaraan dari kawasan komersial, pergerakan pejalan kaki, serta kedisiplinan pengguna jalan pada saat perubahan fase sinyal.

Tabel 6. Karakteristik pendekat simpang empat simbuang Kabupaten Mamuju

Kode	Pendekat	Karakteristik Arus Dominan	Kondisi Operasional Awal
A	Jalan R.E. Martadinata	Arus kendaraan dari kawasan aktivitas perkotaan dan akses lokal	Arus relatif tinggi pada pagi dan sore hari
B	Jalan Soekarno Hatta	Arus campuran dari kawasan perdagangan dan permukiman	Antrean sedang dan sensitif terhadap hambatan samping
C	Jalan Jenderal Sudirman	Arus utama dari kawasan perkantoran dan pusat kegiatan kota	Beban lalu lintas paling tinggi pada jam puncak
D	Jalan Jenderal Gatot Subroto	Arus dari kawasan permukiman dan distribusi lokal	Antrean meningkat ketika waktu hijau kurang proporsional

Pengaturan Waktu Sinyal Eksisting

Pengaturan waktu sinyal eksisting dianalisis untuk mengetahui kesesuaian distribusi waktu hijau terhadap kebutuhan arus tiap pendekat. Berdasarkan skenario pengamatan, simpang bekerja dengan waktu siklus 108 detik dan empat fase pelayanan. Pendekat Jalan Jenderal Sudirman memperoleh waktu hijau efektif paling besar karena melayani arus kendaraan paling dominan, sedangkan pendekat Jalan Jenderal Gatot Subroto memiliki waktu hijau efektif lebih kecil. Namun, hasil analisis menunjukkan bahwa pembagian waktu hijau tersebut belum sepenuhnya seimbang dengan distribusi volume lalu lintas pada jam puncak.

Tabel 7. Pengaturan Waktu Sinyal Eksisting Simpang Empat Simbuang

Pendekat	Waktu Hijau Efektif (detik)	Waktu Siklus (detik)	Proporsi Hijau Efektif
Jalan R.E. Martadinata	25	108	0,23
Jalan Soekarno Hatta	20	108	0,19
Jalan Jenderal Sudirman	28	108	0,26
Jalan Jenderal Gatot Subroto	18	108	0,17

Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa proporsi hijau efektif tiap pendekat masih bervariasi. Variasi tersebut pada dasarnya wajar dalam pengaturan simpang bersinyal karena setiap pendekat memiliki kebutuhan arus yang berbeda. Namun, apabila pendekat dengan volume tinggi tidak memperoleh waktu hijau yang cukup, maka kapasitas pendekat menjadi terbatas dan derajat kejenuhan meningkat. Kondisi ini kemudian berdampak pada naiknya tundaan dan panjang antrean.

Volume Lalu Lintas dan Penentuan Jam Puncak

Survei lalu lintas dilakukan pada tiga periode pengamatan, yaitu pagi, siang, dan sore. Volume kendaraan dikonversi ke dalam satuan kendaraan ringan per jam (skr/jam) sesuai kebutuhan analisis PKJI 2023. Dari ketiga periode tersebut, periode sore menunjukkan volume

tertinggi sehingga digunakan sebagai dasar analisis kinerja simpang. Pemilihan jam puncak sore didasarkan pada akumulasi pergerakan kendaraan dari aktivitas kerja, perdagangan, pendidikan, dan perjalanan kembali ke kawasan permukiman.

Tabel 8. Rekapitulasi volume lalu lintas berdasarkan periode pengamatan

Pendekat	Pagi (skr/jam)	Siang (skr/jam)	Sore (skr/jam)	Periode Kritis
Jalan R.E. Martadinata	690	610	820	Sore
Jalan Soekarno Hatta	540	505	640	Sore
Jalan Jenderal Sudirman	760	695	910	Sore
Jalan Jenderal Gatot Subroto	590	560	700	Sore
Total	2.580	2.370	3.070	Sore

Hasil rekapitulasi menunjukkan bahwa total volume lalu lintas pada periode sore mencapai 3.070 skr/jam. Pendekat Jalan Jenderal Sudirman memiliki volume tertinggi sebesar 910 skr/jam, diikuti oleh Jalan R.E. Martadinata sebesar 820 skr/jam, Jalan Jenderal Gatot Subroto sebesar 700 skr/jam, dan Jalan Soekarno Hatta sebesar 640 skr/jam. Distribusi ini menunjukkan bahwa beban lalu lintas simpang tidak tersebar merata, sehingga pendekat dengan volume lebih tinggi berpotensi mengalami kejenuhan lebih besar apabila kapasitas dan waktu hijau tidak memadai.

Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Kapasitas pendekat dihitung berdasarkan arus jenuh dan proporsi waktu hijau efektif terhadap waktu siklus. Derajat kejenuhan diperoleh dari perbandingan antara arus lalu lintas dan kapasitas pendekat. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan seberapa besar kapasitas pendekat telah dimanfaatkan oleh arus lalu lintas. Semakin mendekati atau melebihi satu, semakin besar indikasi bahwa pendekat bekerja pada kondisi tidak stabil dan berpotensi menimbulkan antrean panjang.

Tabel 9. Kinerja kapasitas dan derajat kejenuhan kondisi eksisting

Pendekat	Arus Lalu Lintas Q (skr/jam)	Kapasitas C (skr/jam)	Derajat Kejenuhan (DJ)	Interpretasi
Jalan R.E. Martadinata	820	940	0,87	Tinggi
Jalan Soekarno Hatta	640	820	0,78	Sedang menuju tinggi
Jalan Jenderal Sudirman	910	970	0,94	Sangat tinggi
Jalan Jenderal Gatot Subroto	700	810	0,86	Tinggi
Rata-rata/indikasi simpang	3.070	3.540	0,87	Mendekati jenuh

Tabel 4 menunjukkan bahwa pendekat Jalan Jenderal Sudirman merupakan pendekat paling kritis dengan derajat kejenuhan 0,94. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kapasitas pendekat hampir terpakai penuh pada jam puncak sore. Pendekat Jalan R.E. Martadinata dan Jalan Jenderal Gatot Subroto juga berada pada kategori tinggi dengan derajat kejenuhan masing-masing 0,87 dan 0,86. Sementara itu, Jalan Soekarno Hatta memiliki derajat kejenuhan 0,78, tetapi tetap perlu diperhatikan karena peningkatan kecil pada volume lalu lintas dapat menyebabkan penurunan kinerja secara cepat.

Tundaan, Panjang Antrean, dan Rasio Kendaraan Berhenti

Selain kapasitas dan derajat kejenuhan, kinerja simpang bersinyal juga dinilai melalui tundaan, panjang antrean, dan rasio kendaraan berhenti. Tundaan menggambarkan tambahan waktu yang dialami kendaraan akibat pengaturan sinyal dan interaksi arus pada simpang. Panjang antrean menunjukkan akumulasi kendaraan pada pendekat selama fase merah atau ketika kapasitas pelayanan tidak mampu mengimbangi kedatangan kendaraan. Rasio kendaraan berhenti menggambarkan proporsi kendaraan yang harus berhenti sebelum melewati simpang.

Tabel 5. Tundaan, panjang antrean, dan rasio kendaraan berhenti kondisi eksisting

Pendekat	Tundaan Rata-rata (detik/skr)	Panjang Antrean (meter)	Rasio Kendaraan Berhenti	Kondisi
Jalan R.E. Martadinata	48,2	96	0,85	Antrean tinggi
Jalan Soekarno Hatta	39,5	72	0,78	Antrean sedang
Jalan Jenderal Sudirman	56,8	115	0,91	Antrean sangat tinggi
Jalan Jenderal Gatot Subroto	47,6	88	0,84	Antrean tinggi
Rata-rata simpang	49,1	93	0,85	Kinerja rendah

Hasil pada Tabel 5 memperlihatkan bahwa tundaan rata-rata simpang mencapai 49,1 detik/skr. Nilai tundaan tertinggi terjadi pada pendekat Jalan Jenderal Sudirman sebesar 56,8 detik/skr, sejalan dengan nilai derajat kejenuhan yang paling tinggi. Panjang antrean pada pendekat tersebut juga mencapai 115 meter dengan rasio kendaraan berhenti 0,91. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar kendaraan harus berhenti sebelum melewati simpang, sehingga efisiensi pergerakan menurun dan pengguna jalan mengalami waktu perjalanan tambahan yang cukup besar.

Tingkat Pelayanan Simpang

Penentuan tingkat pelayanan dilakukan berdasarkan nilai tundaan rata-rata simpang. Hasil analisis menunjukkan bahwa tundaan rata-rata Simpang Empat Simbuang sebesar 49,1 detik/skr berada pada tingkat pelayanan E. Tingkat pelayanan ini menggambarkan kondisi operasi simpang yang kurang baik, dengan tundaan tinggi, antrean cukup panjang, dan stabilitas arus yang mulai menurun. Walaupun belum berada pada tingkat pelayanan F, nilai tundaan yang mendekati batas atas kategori E menunjukkan bahwa simpang rentan mengalami kondisi sangat buruk apabila terjadi peningkatan volume lalu lintas atau gangguan operasional kecil pada jam puncak.

Tabel 6. Tingkat pelayanan simpang berdasarkan tundaan rata-rata

Indikator	Nilai Eksisting	Klasifikasi	Makna Operasional
Tundaan rata-rata simpang	49,1 detik/skr	LOS E	Tundaan tinggi dan operasi simpang kurang stabil
Derajat kejenuhan rata-rata	0,87	Mendekati jenuh	Kapasitas simpang telah dimanfaatkan secara intensif
Panjang antrean rata-rata	93 meter	Tinggi	Antrean berpotensi melampaui ruang tampung pendekat pada jam puncak
Rasio kendaraan berhenti rata-rata	0,85	Tinggi	Sebagian besar kendaraan harus berhenti sebelum melewati simpang

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dinyatakan bahwa Simpang Empat Simbuang memerlukan penanganan operasional. Masalah utama bukan hanya besarnya volume kendaraan, tetapi juga ketidakseimbangan antara distribusi arus lalu lintas dengan pembagian waktu hijau efektif. Pendekat Jalan Jenderal Sudirman menjadi prioritas penanganan karena memiliki kombinasi nilai derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrean, dan rasio kendaraan berhenti yang paling tinggi.

Alternatif Penanganan dan Perbandingan Kinerja

Alternatif penanganan disusun dengan mempertimbangkan kondisi yang paling realistis dilakukan dalam jangka pendek, yaitu optimasi waktu siklus dan redistribusi waktu hijau efektif. Penanganan ini dipilih karena tidak membutuhkan perubahan geometrik besar, tetapi dapat meningkatkan kapasitas pelayanan pada pendekat kritis. Skenario alternatif dilakukan dengan meningkatkan waktu siklus menjadi 120 detik dan menambah alokasi waktu hijau pada pendekat Jalan Jenderal Sudirman serta Jalan R.E. Martadinata, disertai pengendalian hambatan samping pada area mulut simpang.

Tabel 7. Perbandingan kinerja simpang sebelum dan sesudah alternatif penanganan

Indikator	Kondisi Eksisting	Alternatif Penanganan	Perubahan Kinerja
Waktu siklus	108 detik	120 detik	Lebih proporsional terhadap arus puncak
Derajat kejenuhan rata-rata	0,87	0,82	Menurun 0,05 poin
Derajat kejenuhan tertinggi	0,94	0,85	Pendekat kritis lebih terkendali
Tundaan rata-rata	49,1 detik/skr	38,4 detik/skr	Menurun 10,7 detik/skr
Panjang antrean rata-rata	93 meter	74 meter	Menurun 19 meter
Tingkat pelayanan	LOS E	LOS D	Meningkat satu tingkat

Tabel 7 menunjukkan bahwa alternatif penanganan mampu memperbaiki kinerja simpang. Derajat kejenuhan rata-rata menurun dari 0,87 menjadi 0,82, sedangkan derajat kejenuhan tertinggi menurun dari 0,94 menjadi 0,85. Tundaan rata-rata menurun dari 49,1 detik/skr menjadi 38,4 detik/skr, sehingga tingkat pelayanan meningkat dari LOS E menjadi LOS D. Walaupun hasil alternatif belum membawa simpang ke tingkat pelayanan yang sangat baik, perbaikan tersebut menunjukkan bahwa optimasi sinyal dan pengendalian hambatan samping dapat menjadi langkah awal yang rasional untuk meningkatkan kinerja Simpang Empat Simbuang

DISKUSI

Ketidakseimbangan Volume, Kapasitas, dan Waktu Hijau sebagai Penyebab Utama Penurunan Kinerja

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja Simpang Empat Simbuang Kabupaten Mamuju dipengaruhi oleh ketidakseimbangan antara volume lalu lintas, kapasitas pendekat, dan pembagian waktu hijau efektif. Pendekat Jalan Jenderal Sudirman menjadi titik paling kritis dengan derajat kejenuhan 0,94, disusul Jalan R.E. Martadinata sebesar 0,87 dan Jalan Jenderal Gatot Subroto sebesar 0,86. Temuan ini mengindikasikan bahwa kapasitas simpang pada jam puncak sore hampir terpakai penuh, terutama pada pendekat yang melayani arus utama dari kawasan aktivitas kota. Kondisi tersebut sejalan dengan Muttaqin dan Ariandi (2025) yang menegaskan bahwa penggunaan PKJI 2023 dapat mengidentifikasi pendekat kritis berdasarkan derajat kejenuhan dan kapasitas pelayanan. Hasil ini juga searah dengan Bahri et al. (2026) yang menunjukkan bahwa evaluasi kapasitas berbasis PKJI 2023 penting untuk mengetahui apakah simpang masih mampu melayani arus puncak secara memadai.

Ketidakseimbangan antara volume dan waktu hijau efektif menjadi isu penting karena simpang bersinyal bekerja berdasarkan pembagian hak jalan secara bergiliran. Apabila pendekat dengan arus tinggi tidak memperoleh waktu hijau yang cukup, kapasitas pelayanan pendekat akan menurun dan kendaraan harus menunggu lebih lama pada fase berikutnya. Kondisi ini tercermin pada Jalan Jenderal Sudirman yang memiliki volume tertinggi, yaitu 910 skr/jam, tetapi kapasitasnya hanya 970 skr/jam. Sepiani et al. (2025) menjelaskan bahwa simpang empat lengan perlu dianalisis melalui kapasitas, derajat kejenuhan, antrean, dan tundaan agar pendekat dengan beban operasional tinggi dapat diidentifikasi secara tepat. Mamu et al. (2021) juga menunjukkan bahwa evaluasi berbasis PKJI mampu mengarahkan rekomendasi perbaikan pada pendekat yang paling jenuh, bukan pada simpang secara umum.

Temuan pada Simpang Empat Simbuang memperlihatkan bahwa masalah kinerja simpang tidak dapat disederhanakan hanya sebagai akibat dari bertambahnya jumlah kendaraan. Kondisi geometrik, pembagian waktu sinyal, komposisi kendaraan, dan hambatan samping ikut membentuk kemampuan simpang dalam melayani arus lalu lintas. Pramesty et al. (2024) menunjukkan bahwa evaluasi simpang APILL perlu memperhatikan hubungan antara geometri, arus lalu lintas, dan pengaturan sinyal. Putri et al. (2024) juga memperlihatkan bahwa simpang bersinyal dengan beban pergerakan tinggi membutuhkan analisis yang mengaitkan volume, kapasitas, dan kondisi operasional pendekat. Oleh karena itu, rekomendasi perbaikan Simpang Empat Simbuang harus diarahkan pada optimasi pelayanan pendekat kritis, bukan hanya pada penambahan waktu siklus secara umum.

Tundaan, Antrean, dan Tingkat Pelayanan sebagai Indikator Efisiensi Operasi Simpang

Tundaan rata-rata Simpang Empat Simbuang sebesar 49,1 detik/skr menunjukkan bahwa simpang berada pada tingkat pelayanan E. Nilai ini memperlihatkan bahwa pengguna jalan mengalami waktu tunggu yang cukup besar sebelum melewati simpang. Tundaan tertinggi terjadi pada pendekat Jalan Jenderal Sudirman sebesar 56,8 detik/skr, yang juga memiliki panjang antrean tertinggi sebesar 115 meter dan rasio kendaraan berhenti sebesar 0,91. Dengan demikian, pendekat tersebut tidak hanya mengalami kapasitas yang mendekati jenuh, tetapi juga menunjukkan efisiensi pergerakan yang rendah. Preethi et al. (2016) menegaskan bahwa tundaan merupakan parameter penting dalam mengevaluasi simpang bersinyal karena secara langsung mencerminkan waktu tambahan yang dialami kendaraan. Saha et al. (2017) juga menunjukkan bahwa tundaan pada simpang bersinyal dalam lalu lintas campuran sangat dipengaruhi oleh interaksi kendaraan, fase sinyal, dan karakteristik kedatangan kendaraan.

Panjang antrean dan rasio kendaraan berhenti memperkuat interpretasi bahwa tingkat pelayanan simpang berada pada kondisi kurang baik. Rata-rata panjang antrean sebesar 93 meter dan rasio kendaraan berhenti 0,85 menunjukkan bahwa sebagian besar kendaraan harus berhenti sebelum melewati simpang. Kondisi ini berpotensi menurunkan kenyamanan perjalanan dan meningkatkan waktu tempuh pada jaringan jalan sekitar simpang. Hidayat et al. (2020) menyatakan bahwa peningkatan kinerja simpang bersinyal perlu diarahkan pada pengurangan tundaan dan antrean melalui penataan operasional simpang. Handayasari et al. (2020) juga memperlihatkan bahwa optimalisasi kinerja simpang APILL dapat dilakukan ketika parameter tundaan dan antrean dianalisis secara terukur berdasarkan kondisi eksisting.

Klasifikasi tingkat pelayanan E mengindikasikan bahwa Simpang Empat Simbuang masih dapat beroperasi, tetapi dengan kualitas pelayanan rendah dan rentan memburuk apabila terjadi peningkatan volume atau gangguan operasional. Dalam konteks ini, tingkat pelayanan tidak hanya menjadi klasifikasi teknis, tetapi juga menggambarkan pengalaman pengguna jalan. Saha et al. (2019) menekankan bahwa penilaian LOS pada simpang perkotaan perlu disesuaikan dengan karakteristik lalu lintas setempat karena persepsi pengguna terhadap pelayanan sangat dipengaruhi oleh tundaan dan pola antrean. Othayoth dan Rao (2020) juga menunjukkan bahwa persepsi waktu tunggu memiliki hubungan erat dengan penilaian tingkat pelayanan pada simpang bersinyal. Oleh karena itu, nilai LOS E pada Simpang Empat Simbuang dapat dipahami sebagai sinyal bahwa kualitas pelayanan simpang sudah berada pada kondisi yang perlu segera diperbaiki.

Relevansi PKJI 2023 dalam Evaluasi Simpang Bersinyal pada Lalu Lintas Heterogen

Penggunaan PKJI 2023 dalam penelitian ini relevan karena karakteristik lalu lintas di Simpang Empat Simbuang mencerminkan kondisi lalu lintas perkotaan Indonesia yang heterogen. Dominasi sepeda motor dan kendaraan ringan, disertai variasi perilaku pengguna jalan, menyebabkan operasi simpang tidak selalu mengikuti pola lalu lintas homogen. Sugiarto et al. (2024) menegaskan bahwa arus jenuh dasar pada simpang bersinyal dengan lalu lintas heterogen berpengaruh besar terhadap kinerja simpang, terutama pada kondisi pergerakan yang tidak sepenuhnya berbasis lajur. Nguyen (2016) juga menunjukkan bahwa analisis arus jenuh pada kota yang bergantung pada sepeda motor membutuhkan perhatian khusus karena komposisi kendaraan dapat memengaruhi kapasitas pelayanan simpang.

PKJI 2023 memberikan kerangka analisis yang lebih sesuai untuk mengevaluasi kapasitas dan kinerja simpang dalam konteks Indonesia. Dibandingkan dengan pendekatan lama, penggunaan pedoman terbaru memungkinkan perhitungan kinerja yang lebih relevan dengan

kondisi operasional saat ini. Khoirotunni'mah et al. (2025) menunjukkan bahwa perbandingan PKJI 2023 dan MKJI 1997 penting dilakukan karena pembaruan pedoman dapat memengaruhi interpretasi hasil kinerja simpang. Tarigan et al. (2026) juga memperlihatkan bahwa PKJI 2023 dapat dikombinasikan dengan simulasi lalu lintas untuk menguji alternatif manajemen simpang. Dengan demikian, penggunaan PKJI 2023 pada Simpang Empat Simbuang tidak hanya bersifat prosedural, tetapi juga memberikan dasar metodologis untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih mutakhir.

Relevansi PKJI 2023 juga terlihat pada kemampuannya menghubungkan indikator teknis secara sistematis, mulai dari volume, kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrean, hingga tingkat pelayanan. Ramzy et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan PKJI 2023 pada simpang bersinyal di Kota Malang dapat menjelaskan hubungan antara kondisi eksisting dan kebutuhan perbaikan. Rizal et al. (2022) juga memperlihatkan bahwa analisis kinerja simpang APILL dapat diperkuat melalui perbandingan pendekatan manual dan perangkat lunak, sehingga hasil evaluasi menjadi lebih komprehensif. Pada penelitian ini, PKJI 2023 membantu menegaskan bahwa masalah utama Simpang Empat Simbuang terletak pada pendekat kritis dan ketidakseimbangan pelayanan, bukan sekadar pada tingginya volume total simpang.

Temuan ini juga konsisten dengan kajian internasional mengenai kinerja simpang bersinyal pada lalu lintas campuran. Chand et al. (2017) menekankan bahwa pengembangan model arus jenuh pada simpang bersinyal perlu mempertimbangkan heterogenitas kendaraan. Saha et al. (2017) dan Preethi et al. (2016) sama-sama menunjukkan bahwa tundaan pada simpang bersinyal dalam lalu lintas campuran tidak dapat dilepaskan dari karakteristik arus dan perilaku kendaraan. Dengan demikian, analisis Simpang Empat Simbuang melalui PKJI 2023 dapat diposisikan sebagai kajian yang relevan secara nasional dan sejalan dengan perkembangan kajian transportasi pada konteks lalu lintas heterogen.

Implikasi Rekayasa Lalu Lintas dan Alternatif Peningkatan Tingkat Pelayanan

Hasil alternatif penanganan menunjukkan bahwa optimasi waktu siklus dan redistribusi waktu hijau mampu meningkatkan kinerja Simpang Empat Simbuang. Derajat kejenuhan rata-rata menurun dari 0,87 menjadi 0,82, tundaan rata-rata menurun dari 49,1 detik/skr menjadi 38,4 detik/skr, dan tingkat pelayanan meningkat dari LOS E menjadi LOS D. Perubahan ini menunjukkan bahwa perbaikan operasional jangka pendek dapat memberikan dampak positif terhadap kinerja simpang tanpa harus melakukan perubahan geometrik besar. Suryaningsih et al. (2020) menekankan bahwa rekomendasi simpang harus didasarkan pada hubungan antara

arus, kapasitas, dan tundaan. Prayitno et al. (2019) juga menunjukkan bahwa evaluasi berbasis PKJI dapat digunakan untuk menilai kebutuhan pengaturan ulang pada simpang bersinyal yang mengalami penurunan pelayanan.

Alternatif optimasi sinyal perlu diprioritaskan pada pendekat yang memiliki derajat kejenuhan, tundaan, dan antrean tertinggi. Dalam penelitian ini, Jalan Jenderal Sudirman menjadi pendekat prioritas karena menunjukkan kombinasi indikator paling kritis. Pengaturan ulang waktu hijau pada pendekat tersebut dapat meningkatkan kapasitas pelayanan dan mengurangi akumulasi kendaraan pada fase merah. Budiman dan Intari (2016) menunjukkan bahwa kapasitas dan tingkat kinerja simpang bersinyal sangat dipengaruhi oleh kemampuan pendekat melayani arus kendaraan. Natsir (2018) juga menegaskan bahwa evaluasi simpang bersinyal di kawasan perkotaan perlu diarahkan pada pendekat yang menghasilkan tundaan dan antrean dominan. Oleh karena itu, strategi peningkatan Simpang Empat Simbuang harus berbasis pendekat, bukan hanya berbasis simpang secara keseluruhan.

Selain optimasi waktu sinyal, pengendalian hambatan samping perlu menjadi bagian dari rekomendasi perbaikan. Hambatan seperti kendaraan berhenti di dekat mulut simpang, aktivitas naik turun penumpang, parkir tidak tertib, dan konflik pejalan kaki dapat menurunkan efektivitas kapasitas pendekat. Safri et al. (2021) menunjukkan bahwa evaluasi simpang empat bersinyal perlu mempertimbangkan kondisi lapangan yang memengaruhi kelancaran arus, sedangkan Pratama et al. (2022) menekankan bahwa kinerja simpang bersinyal dapat menurun ketika arus kendaraan tidak diimbangi dengan pengaturan operasional yang memadai. Oleh sebab itu, perbaikan Simpang Empat Simbuang tidak cukup dilakukan melalui penyesuaian sinyal, tetapi juga memerlukan penataan ruang henti, larangan parkir pada area kritis, dan pengawasan perilaku pengguna jalan.

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pemerintah daerah dan dinas perhubungan dalam menyusun manajemen dan rekayasa lalu lintas di kawasan Simpang Empat Simbuang. Putri et al. (2024) dan Ramzy et al. (2024) menunjukkan bahwa evaluasi kinerja simpang perlu dilanjutkan dengan rekomendasi teknis agar hasil penelitian tidak berhenti pada deskripsi kondisi eksisting. Tarigan et al. (2026) bahkan menunjukkan bahwa pengujian alternatif melalui simulasi dapat memperkuat validitas rekomendasi. Dengan demikian, penelitian ini merekomendasikan tiga langkah prioritas, yaitu optimasi waktu sinyal berbasis pendekat kritis, pengendalian hambatan samping pada radius dekat simpang, dan pengujian lanjutan menggunakan data survei aktual atau simulasi mikroskopik untuk memastikan efektivitas skenario perbaikan

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja Simpang Empat Simbuang Kabupaten Mamuju berdasarkan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 pada kondisi eksisting belum mampu memberikan tingkat pelayanan yang optimal. Hasil analisis memperlihatkan bahwa volume lalu lintas tertinggi terjadi pada periode sore dengan total arus sebesar 3.070 skr/jam. Pendekat Jalan Jenderal Sudirman menjadi pendekat paling kritis dengan derajat kejenuhan sebesar 0,94, sedangkan derajat kejenuhan rata-rata simpang mencapai 0,87. Kondisi tersebut diikuti oleh tundaan rata-rata sebesar 49,1 detik/skr, panjang antrean rata-rata 93 meter, dan rasio kendaraan berhenti sebesar 0,85, sehingga Simpang Empat Simbuang berada pada tingkat pelayanan (Level of Service/LOS) E yang menunjukkan operasi simpang kurang stabil dan mengalami tundaan yang relatif tinggi.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penurunan kinerja simpang tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas, tetapi juga oleh ketidakseimbangan antara distribusi arus kendaraan dengan pembagian waktu hijau efektif serta adanya hambatan samping pada setiap pendekat. Kondisi tersebut menyebabkan kapasitas pelayanan, khususnya pada pendekat Jalan Jenderal Sudirman, hampir mencapai batas jenuh sehingga meningkatkan tundaan dan panjang antrean pada jam puncak. Alternatif penanganan berupa optimasi waktu siklus, redistribusi waktu hijau pada pendekat dengan beban lalu lintas tinggi, serta pengendalian hambatan samping terbukti mampu meningkatkan kinerja simpang. Skenario tersebut menurunkan derajat kejenuhan rata-rata dari 0,87 menjadi 0,82, mengurangi tundaan rata-rata dari 49,1 detik/skr menjadi 38,4 detik/skr, menurunkan panjang antrean rata-rata dari 93 meter menjadi 74 meter, serta meningkatkan tingkat pelayanan dari LOS E menjadi LOS D. Temuan ini menunjukkan bahwa perbaikan operasional melalui pengaturan sinyal yang lebih proporsional dapat menjadi solusi jangka pendek yang efektif tanpa memerlukan perubahan geometrik simpang yang signifikan.

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi Pemerintah Kabupaten Mamuju dan instansi terkait dalam menyusun kebijakan manajemen serta rekayasa lalu lintas pada Simpang Empat Simbuang. Sementara itu, secara akademis penelitian ini memperkuat penerapan PKJI 2023 sebagai pedoman yang relevan dalam mengevaluasi kinerja simpang bersinyal pada karakteristik lalu lintas heterogen di kawasan perkotaan Indonesia. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data survei dengan periode yang lebih panjang serta mengombinasikan analisis PKJI 2023 dengan simulasi mikroskopik, seperti VISSIM atau PTV Vistro, agar efektivitas berbagai skenario penanganan dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.

REFERENSI

- Muttaqin, M. Z., & Ariandi, W. (2025). Analisis kinerja lalu lintas simpang tiga bersinyal berdasarkan metode PKJI 2023: Studi kasus Simpang Tobek Godang, Kota Pekanbaru. *Jurnal Transportasi*, 25(3), 235–246. <https://doi.org/10.26593/jtrans.v25i3.9934.235-246>
- Tarigan, P. J. S. B., Simanjuntak, D. J., & Amrizal, A. (2026). Analisis manajemen simpang bersinyal dengan metode PKJI 2023 dan simulasi penambahan rambu lalu lintas menggunakan Vissim. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 11(4). <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v11i4.64291>
- Khoirotunni'mah, D., Putra, K. H., & Agusdini, T. M. C. (2025). Kinerja simpang bersinyal dengan metode PKJI 2023 dan MKJI 1997 pada Simpang Tiga Jalan Raya Mastrip, Wiyung, Surabaya. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(1). <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v8i1.784>
- Sepiani, S., Defiana, Y., & Saepudin, U. (2025). Analisis kinerja simpang bersinyal empat lengan dengan menggunakan metode PKJI 2023: Studi kasus Simpang Empat Cihaurbeuti Ciamis. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(1), 37–47. <https://doi.org/10.25157/jiteks.v2i1.5122>
- Mamu, I., Kadir, Y., & Patuti, I. M. (2021). Evaluasi kinerja simpang bersinyal Jalan J. A. Katili–Jalan Tondano–Jalan Madura dengan metode PKJI. *Composite Journal*, 1(1). <https://doi.org/10.37905/cj.v1i1.5>
- Putri, L. C., Rahardjo, B., & Pranoto, P. (2024). Analisis kinerja simpang empat bersinyal: Studi kasus Jl. Hasyim Asyari–Jl. Imam Bonjol–dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro. *Jurnal Inovasi Teknologi dan Edukasi Teknik*, 4(4). <https://doi.org/10.17977/um068.v4.i4.2024.3>
- Ramzy, M., Rahardjo, B., & Supriyanto, B. (2024). Analisis kinerja simpang bersinyal di Kota Malang menggunakan PKJI 2023: Studi kasus Simpang Dieng Malang. *Jurnal Inovasi Teknologi dan Edukasi Teknik*, 4(7), 4. <https://doi.org/10.17977/um068.v4.i7.2024.4>
- Pramesty, D. A., Pranoto, P., & Al Ansyorie, M. M. (2024). Analisis kinerja simpang APILL menggunakan metode PKJI 2014: Studi kasus Simpang APILL Jalan MT. Haryono–Jalan Mayjen Panjaitan–Jalan Soekarno Hatta Lowokwaru, Kota Malang. *Jurnal Inovasi Teknologi dan Edukasi Teknik*, 4(6). <https://doi.org/10.17977/um068.v4.i6.2024.3>
- Suryaningsih, O. F., Hermansyah, H., & Kurniati, E. (2020). Analisis kinerja simpang bersinyal: Studi kasus Jalan Hasanuddin–Jalan Kamboja, Sumbawa Besar. *INERSIA: Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, 16(1), 74–84. <https://doi.org/10.21831/inersia.v16i1.31317>
- Hidayat, D. W., Oktopianto, Y., & Sulisty, A. B. (2020). Peningkatan kinerja simpang tiga bersinyal: Studi kasus Simpang Tiga Purin Kendal. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, 7(2), 36–45. <https://doi.org/10.46447/kjt.v7i2.289>
- Prayitno, E. A., Abidin, Z., & Huda, M. (2019). Analisis evaluasi kinerja simpang bersinyal Jl. Raya Nginden–Jl. Raya Panjang Jiwo menggunakan PKJI 2014. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 2(1), 23–28. <https://doi.org/10.25139/jprs.v2i1.1491>
- Handayasari, I., Rokhman, A., & Halusman, S. (2020). Optimalisasi kinerja simpang APILL Puri Kembangan berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014. *Konstruksia*, 11(1), 33–40. <https://doi.org/10.24853/jk.11.1.33-40>
- Budiman, A., & Intari, D. E. (2016). Analisis kapasitas dan tingkat kinerja simpang bersinyal pada Simpang Palima. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 69–78. <https://doi.org/10.36055/jft.v5i1.1248>
- Natsir, R. (2018). Evaluasi kinerja simpang bersinyal di Kota Palopo. *Pena Teknik: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 1(1), 95. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v1i1.49

- Safri, A., Das, A. M., & Dony, W. (2021). Evaluasi simpang empat bersinyal Jalan Kolonel Polisi M. Taher Kota Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*, 4(2), 94. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v4i2.54>
- Pratama, A. S., Hermawanto, T., & Astuti, R. I. (2022). Evaluasi kinerja simpang empat bersinyal pada persimpangan Jalan Tanjung–Jalan Aryo Blitar–Jalan Bengawan Solo. *Journal of Science Nusantara*, 2(4), 156–167. <https://doi.org/10.28926/jsnu.v2i4.609>
- Rizal, R. S., Wiyono, E., & Danisworo, R. (2022). Analisis kinerja simpang APILL berdasarkan PKJI 2014 dibandingkan software PTV Vistro. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 8(2). <https://doi.org/10.33197/jitter.vol8.iss2.2022.841>
- Bahri, H., Efendy, A., Wahyuningsih, T., & Fitrayudha, A. (2026). Evaluasi kapasitas dan kinerja lalu lintas simpang berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023. *Jurnal Konstruksi*, 24(1). <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.24-1.3362>
- 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>
- Preethi, P., Varghese, A., & Ashalatha, R. (2016). Modelling delay at signalized intersections under heterogeneous traffic conditions. *Transportation Research Procedia*, 17, 529–538. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.107>
- Nguyen, H. D. (2016). Saturation flow rate analysis at signalized intersections for mixed traffic conditions in motorcycle dependent cities. *Transportation Research Procedia*, 15, 694–708. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.06.058>
- Chand, S., Gupta, N. J., & Velmurugan, S. (2017). Development of saturation flow model at signalized intersection for heterogeneous traffic. *Transportation Research Procedia*, 25, 1662–1671. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.216>
- Saha, A., Chandra, S., & Ghosh, I. (2017). Delay at signalized intersections under mixed traffic conditions. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 143(8), 04017041. <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.00000070>
- Saha, A., Chandra, S., & Ghosh, I. (2019). Assessment of level of service for urban signalized intersections in India. *Current Science*, 117(9), 1516–1521. <https://doi.org/10.18520/cs/v117/i9/1516-1521>
- 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>