

## ANALISA SIMPANG TAK BERSINYAL RUAS JALAN SUMARSONO DENGAN PINTU GERBANG TOL HELVETIA

Tri Andika<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Islam Sumatera Utara

Email: [triandika2773@gmail.com](mailto:triandika2773@gmail.com)

**Abstract:** *This intersection has special characteristics because it is the meeting point between local urban traffic flow and the flow of vehicles entering and exiting the toll road, thus potentially causing congestion and traffic conflicts. The purpose of this study is to evaluate the existing performance of unsignalized intersections based on the 2023 Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI), by reviewing capacity parameters, degree of saturation, average delay, queue length, and potential traffic conflicts. The research methods include a primary survey of vehicle volume, intersection geometry observations, and quantitative analysis using the 2023 PKJI approach to determine the Level of Service (LOS). The results show that the Kapten Sumarsono – Helvetia Toll Road intersection is still operating in stable conditions with a service level of C–D, and the highest degree of saturation of 0.78 occurs during the afternoon peak hour. The average delay value ranges from 5.51–11.50 seconds/vehicle with a maximum queue length of 36 vehicles. Side obstacles, limited medians, and the absence of sidewalks contribute to the decline in intersection efficiency and safety. Based on these results, the study recommends the implementation of Traffic Signal Devices (APILL) and the restructuring of intersection geometry to improve traffic performance.*

**Keywords:** *Unsignalized Intersection, Intersection Performance, PKJI 2023, Saturation Degree, Helvetia Toll Road.*

**Abstrak:** Simpang ini memiliki karakteristik khusus karena merupakan titik temu antara arus lalu lintas lokal perkotaan dan arus kendaraan keluar–masuk tol, sehingga berpotensi menimbulkan kemacetan dan konflik arus lalu lintas. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi kinerja eksisting simpang tak bersinyal berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, dengan meninjau parameter kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan rata-rata, panjang antrean, serta potensi konflik lalu lintas. Metode penelitian meliputi survei primer volume kendaraan, pengamatan geometri simpang, serta analisis kuantitatif menggunakan pendekatan PKJI 2023 untuk menentukan Level of Service (LOS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa simpang Kapten Sumarsono – Tol Helvetia masih beroperasi dalam kondisi stabil dengan tingkat pelayanan C–D, dan derajat kejenuhan tertinggi sebesar 0,78 terjadi pada jam puncak sore hari. Nilai tundaan rata-rata berkisar antara 5,51–11,50 detik/kendaraan dengan panjang antrean maksimal 36 kendaraan. Faktor hambatan samping, keterbatasan median, dan ketiadaan trotoar berkontribusi terhadap penurunan efisiensi dan keselamatan simpang. Berdasarkan hasil tersebut, penelitian merekomendasikan penerapan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) dan penataan ulang geometri simpang sebagai upaya peningkatan kinerja lalu lintas.

**Kata Kunci:** Simpang Tak Bersinyal, Kinerja Simpang, PKJI 2023, Derajat Kejenuhan, Tol Helvetia.

## PENDAHULUAN

Persimpangan jalan termasuk simpang tak bersinyal merupakan salah satu elemen kritis dalam jaringan transportasi perkotaan yang menentukan kelancaran arus, keselamatan pengguna jalan, dan efisiensi ekonomi lokal. Simpang tak bersinyal banyak dijumpai pada jaringan jalan perkotaan di Indonesia sehingga sering menjadi titik penumpukan konflik antara pergerakan lokal dan arus lalu lintas koridor utama. Karakteristik operasional simpang tak bersinyal, seperti kapasitas gerakan minor, derajat kejenuhan, dan perilaku *gap-acceptance*, secara langsung memengaruhi waktu tundaan, panjang antrean, dan tingkat konflik sehingga menjadi fokus utama kajian kinerja. Perbaikan pada simpang-simpang ini berpotensi mengurangi biaya sosial akibat kemacetan serta menurunkan angka kecelakaan jika intervensi rekayasa diformulasikan berdasarkan analisis yang tepat. Bagi praktisi perencanaan dan pemeliharaan jalan, penggunaan pedoman teknis terbaru serta metode analisis yang sesuai kondisi lokal adalah prasyarat untuk rekomendasi yang dapat diimplementasikan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian, klasifikasi, dan karakteristik simpang tak bersinyal

Secara konseptual, simpang adalah ruang atau wilayah di mana dua atau lebih ruas jalan bertemu atau bersilangan sehingga pengguna jalan harus membuat keputusan pergerakan (lurus / belok kiri / belok kanan). Dalam literatur transportasi, simpang dibedakan menurut konfigurasi (*T-intersection*, *crossroads/4-arm*, *Y*), menurut pengaturan lalu lintas (bersinyal / tak bersinyal), dan menurut fungsi jalan

(major/minor) serta kelas jalannya (kolektor, arteri, dsb.). (Lily A. Elefteriadou, 2016).

Simpang tak bersinyal, Simpang tak bersinyal didefinisikan sebagai simpang dimana tidak ada pengaturan isyarat lampu lalu lintas kontrol dilakukan melalui rambu, marka, aturan prioritas, serta perilaku pengemudi (*gives way*, *gap acceptance*). Ciri khas simpang tak bersinyal: keputusan driver berdasarkan peluang celah (*gap acceptance*), interaksi tingkat mikro antar kendaraan (*platooning dan gap formation*), keberadaan titik konflik (*conflict points*) yang relatif tinggi pada belok kiri/kanan, dan sensitivitas kinerja terhadap pola kedatangan (*arrival pattern*) serta komposisi kendaraan (persentase sepeda motor, kendaraan berat). Dalam konteks perkotaan Indonesia, simpang tak bersinyal sering muncul pada ruas yang masih memadai kapasitasnya untuk operasi tanpa sinyal, namun dengan kenaikan permintaan lalu lintas kinerja cepat turun sehingga muncul kebutuhan evaluasi dan rekayasa lalu-lintas. (Sakti et al., 2024).

### B. Kapasitas Simpang

Analisis kapasitas simpang memperhitungkan pengaruh kondisi arus lalu lintas, geometri, dan lingkungan, didasarkan atas data empiris. Hasil analisis harus sesuai dengan keberlakuan nilai empiris tersebut dan tidak mengacu kepada mekanisme aturan prioritas, baik wajib henti sebelum memasuki simpang maupun wajib mendahulukan kendaraan dari arah lain.

Simpang dianggap berpotongan tegak lurus atau mendekati sudut  $90^\circ$ , berada pada alinemen datar, dan arus lalu lintas berada pada kondisi  $DJ \leq 0,85$ . Tipe simpang adalah Simpang 3 atau Simpang 4 yang merupakan pertemuan

antara tipe jalan 2/2-TT, tipe jalan 4/2-T, atau kombinasi dari tipe-tipe jalan tersebut. Kriteria simpang untuk menetapkan kapasitas dasar adalah simpang yang mempunyai kereb dan trotoar, berada di wilayah perkotaan, memiliki hambatan samping sedang, semua gerakan membelok dianggap diperbolehkan, dan pengaturan prioritas sekalipun ada dianggap tidak diikuti oleh semua pengguna jalan.

### C. Ekuivalensi Mobil Penumpang

Semua nilai arus lalu lintas yang masuk ke simpang dan masih dinyatakan dalam satuan kend/jam perlu dikonversikan menjadi SMP/jam menggunakan nilai EMP.

### D. Derajat Kejenuhan

$$D_J = \frac{q}{C}$$

Keterangan:

- DJ = adalah derajat kejenuhan.
- C = adalah kapasitas simpang, dalam SMP/jam.
- q = adalah semua arus lalu lintas kendaraan bermotor dari semua lengan simpang yang masuk ke dalam simpang dengan satuan SMP/jam.

### E. Tundaan

Tundaan (T) terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu tundaan lalu lintas ( $T_{LL}$ ) dan tundaan geometri ( $T_G$ ).  $T_{LL}$  adalah tundaan yang disebabkan oleh interaksi antara kendaraan dalam arus lalu lintas. Bedakan  $T_{LL}$  dari seluruh simpang, dari jalan mayor saja atau jalan minor saja.  $T_G$  adalah tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan yang terganggu saat kendaraan membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti. T dihitung menggunakan Persamaan.

$$T = T_{LL} + T_G$$

$T_{LL}$  adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari semua arah, dapat dihitung menggunakan Persamaan atau diperoleh menggunakan Gambar 2.7 berdasarkan nilai  $D_J$ .

$$\text{Untuk } D_J \leq 0,60: T_{LL} = 2+8,2078 D_J - (1-D_J)^2$$

$$\text{Untuk } D_J > 0,60: T_{LL} = \frac{1,0504}{(0,2742-0,2042 D_J)} - (1-D_J)^2$$

### F. Peluang Antrian

$P_a$  dinyatakan dalam rentang kemungkinan (%) dan dapat ditentukan menggunakan Persamaan atau ditentukan menggunakan Gambar 2.9.  $P_a$  tergantung dari  $D_J$  dan digunakan sebagai salah satu dasar penilaian kinerja lalu lintas Simpang.

$$\text{Batas atas peluang : } P_a = 47,71 D_J - 24,68 D_J^2 + 56,47 D_J^3$$

$$\text{Batas bawah peluang : } P_a = 9,02 D_J + 20,66 D_J^2 + 10,49 D_J^3$$

### G. Indikator Utama

Indikator simpang digunakan untuk mengukur kinerja dan tingkat pelayanan suatu persimpangan lalu lintas. Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) atau Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), indikator-indikator utama tersebut meliputi:

Tabel 2. 7 Indikator Nilai V/C Ratio

V/C Ratio	Level of Service (LOS)	Deskripsi Kondisi Lalu Lintas
< 0,60	A	Arus bebas, kecepatan tinggi, volume rendah. Pengemudi dapat

V/C Ratio	Level of Service (LOS)	Deskripsi Kondisi Lalu Lintas
		memilih kecepatan tanpa hambatan berarti.
0,60 – 0,70	B	Arus masih bebas, hambatan minimal, penundaan sangat kecil.
0,70 – 0,80	C	Arus stabil, mulai ada pembatasan kecepatan akibat volume. Penundaan mulai muncul.
0,80 – 0,90	D	Arus mendekati tidak stabil, kepadatan meningkat, kecepatan turun. Penundaan sedang, pengemudi mulai frustrasi.
0,90 – 1,00	E	Arus tidak stabil, volume mendekati kapasitas maksimum. Kecepatan rendah, antrian panjang, kondisi mendekati macet.
> 1,00	F	Kemacetan total. Volume melebihi kapasitas, antrian sangat panjang, penundaan ekstrem, kendaraan bisa butuh lebih dari satu siklus sinyal.

## METODE PENELITIAN

### Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dirancang untuk menghasilkan ukuran numerik dari variabel-variabel utama (volume arus, geometri, hambatan samping, kapasitas C, derajat kejenuhan DS, tundaan T, panjang/pelebaran antrian, LOS) sehingga memungkinkan analisis statistik dan penerapan PKJI 2023. Teknik pengumpulan data meliputi:

1. Observasi Lapangan / Traffic Counting
  - Survei arus kendaraan per lengan simpang, dengan petugas (surveyor) ditempatkan di titik-pengamatan di setiap pendekat simpang.
  - Waktu pengamatan ditentukan pada jam-jam puncak (jam pagi, siang, sore) hari kerja untuk mencerminkan beban lalu lintas tinggi. Misalnya, pukul 07.00 WIB sampai 21.00 WIB. Ini untuk menangkap fluktuasi arus karena akses tol. (Mirip metode dalam “Langkah Penelitian Analisis Tingkat Kemacetan Lalu Lintas” yang menggunakan jam puncak pagi, siang & sore).
  - Kendaraan diklasifikasikan menurut jenis (misalnya sepeda motor; kendaraan ringan; kendaraan berat) dan arah gerak (belok kiri, lurus, belok kanan) jika relevan, karena jenis kendaraan dan gerakan belok dapat mempengaruhi kapasitas dan hambatan.
2. Pengukuran Geometri dan Hambatan Samping
  - Data geometri meliputi: lebar lajur, jumlah lajur per pendekat, panjang pendekat, radius belokan, sudut belokan jika ada, kondisi badan jalan, kehadiran median, bahu jalan, tikungan, akses masuk/keluar tol.

- Hambatan samping diukur melalui observasi: parkir di badan jalan, aktivitas pejalan kaki, pedagang kaki lima, akses dari gerbang tol masuk/keluar, kendaraan yang berhenti mendadak, dan kegiatan lainnya yang mengganggu alur utama lalu lintas.
3. Pengumpulan Data Primer Lainnya
    - Penggunaan alat dokumentasi seperti kamera atau video (rekaman) untuk merekam arus kendaraan selama interval tertentu (misalnya setiap 15 menit) agar observasi bisa diuji ulang/ditinjau kembali.
    - Catatan waktu tundaan (delay) memang bisa dihitung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti / menunggu di lengan tertentu, melalui stopwatch atau video/timelapse.
  4. Data Sekunder
    - Untuk memperkaya data, digunakan data sekunder seperti peta jaringan jalan, data kepemilikan kendaraan, data lalu lintas sebelumnya jika tersedia, dokumen resmi PKJI 2023, data institusi pemerintah seperti dinas perhubungan / dinas pekerjaan umum yang relevan.
    - Tujuan data sekunder: memverifikasi kondisi historis; memberikan parameter pembandingan; mendapatkan data geografi (topografi, kontur jika mempengaruhi geometri) dan data modalitas kendaraan secara umum.
  5. Periode Pengumpulan dan Sampling Waktu
    - Survei dilakukan selama beberapa hari kerja (minimal tiga hari) agar memperhitungkan variasi antar-hari.
    - Pemilihan hari dan waktu harus representatif (tidak hari libur, tidak hari pasar jika tidak biasa, tidak saat hujan deras jika mempengaruhi volume drastis) untuk menghindari bias.
  6. Instrumen dan Catatan
    - Interval pengamatan (misalnya tiap 15 menit per lengan) agar diperoleh data kontinu yang cukup untuk menganalisis variasi di dalam jam puncak.
    - Formulir survei volume: mencatat jumlah kendaraan, jenis, gerakan, waktu, kondisi cuaca, hambatan lokal.
    - Peta/scheme simpang untuk mencatat posisi pengambilan data, letak hambatan samping, akses tol.
- Penggunaan alat bantu seperti kamera, stopwatch, atau aplikasi perekam untuk tundaan
- ### Pengolahan Data
- Data-data yang di peroleh ketika survei, maka dapat diketahui jam puncak volume lalu lintas, dan melakukan perhitungan menggunakan metode PKJI (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia) 2023.
- ### Analisa Data
- Data numerik yang diperoleh dari observasi lapangan, penghitungan volume, geometri, hambatan samping, dan komponen-komponen lain yang dihitung menurut PKJI 2023. Analisa data akan dilakukan melalui langkah-langkah berikut:
1. Pembersihan dan Penyiapan Data (*Data Cleaning & Preparation*)
    - Memeriksa konsistensi data survei: mengoreksi kesalahan penghitungan, memeriksa outlier (nilai sangat ekstrem) misalnya volume yang terlalu tinggi atau data tenggat waktu yang tidak wajar.

- Menyusun data dalam bentuk tabel per lengan pendekat, per periode waktu (pagi, siang, sore), per hari pengamatan.
  - Mengkode jenis kendaraan dan gerakan (belok, lurus) agar bisa dipisahkan jika diperlukan dalam analisis hambatan atau efek belokan.
2. Perhitungan Kapasitas (C) Menurut PKJI 2023
    - Menggunakan rumus serta faktor-pengurang/geometri/hambatan samping yang dijabarkan di PKJI 2023. Misalnya menghitung kapasitas teoritis berdasarkan jumlah lajur, lebar lajur, arus bebas, faktor kendaraan, hambatan lateral, dan hambatan akses masuk/keluar.
    - Menghitung kapasitas operasional atau kapasitas efektif yaitu kapasitas yang dapat dicapai setelah memperhitungkan faktor-pengurang (side friction, akses tol, belokan, parkir, pedestrian) sesuai parameter PKJI.
  3. Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS / V/C Ratio)
    - Derajat kejenuhan dihitung sebagai rasio Volume (V) / Kapasitas (C).
    - Data V diambil dari survei volume kendaraan per lengan dan per periode waktu; C dari hasil perhitungan kapasitas.
    - DS dibandingkan terhadap ambang dalam PKJI (misalnya 0,85) untuk menentukan apakah simpang sudah jenuh atau belum.
  4. Perhitungan Tundaan Rata-rata (Delay; T)
    - Menggunakan rumus PKJI untuk tundaan rata-rata per kendaraan pada simpang tak bersinyal: biasanya melibatkan jumlah kendaraan yang berhenti menunggu atau terpengaruh antrian, dan waktu tunggu rata-rata dari awal berhenti sampai melewati konflik atau simpang.
  - Data waktu tunggu diukur melalui observasi langsung, video, stopwatch, atau rekaman interval tiap-kendaraan jika memungkinkan.
    5. Perhitungan Peluang / Panjang Antrian
      - Peluang antrian: persentase probabilitas bahwa akan terjadi antrian dalam suatu periode observasi, biasanya batas bawah dan atas peluang antrian menurut PKJI.
      - Panjang antrian: bila memungkinkan, mengukur panjang fisik antrian (meter) atau jumlah kendaraan-antrian dalam lengan tertentu. Jika tidak bisa fisik, menggunakan estimasi berdasarkan video atau pengamatan visual tim survei.
    6. Penentuan Tingkat Pelayanan (LOS)
      - Berdasarkan ambang-ambang PKJI dari kombinasi DS, tundaan, dan peluang/panjang antrian. Misalnya jika  $DS < 0,85$  dan tundaan rata-rata di bawah batas tertentu, simpang mendapat LOS A/B/C; jika  $DS >$  ambang dan tundaan & antrian besar, LOS D/E/F.
      - Membandingkan LOS eksisting menurut hasil perhitungan.
    7. Analisis Statistik Tambahan
      - Jika data kuantitatif cukup, lakukan analisis korelasi (misalnya antara volume vs tundaan, DS vs peluang antrian) untuk mengetahui kekuatan hubungan antar variabel.
      - Jika diperlukan, regresi linier atau regresi non-linier bisa digunakan untuk memprediksi tundaan atau panjang antrian berdasarkan volume dan variabel moderasi (geometri, hambatan samping).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gambaran Umum

Penelitian ini berfokus pada lokasi yakni simpang tak bersinyal di ruas Jalan Kapten Sumarsono yang sangat dekat dengan Gerbang Tol Helvetia, Medan, Sumatera Utara. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada karakteristik geografis dan fungsionalnya sebagai pertemuan arus lokal kota dan arus keluar-masuk tol, yang memunculkan fenomena operasional unik berupa antrean, tundaan, dan konflik lalu lintas. Secara geografis, Jalan Kapten Sumarsono berada di area perkotaan yang padat di Kecamatan Helvetia atau Sunggal, dimana akses terhadap tol Medan-Binjai melalui Gerbang Helvetia menjadikannya jalur transit penting bagi pengguna tol maupun kendaraan lokal. Lokasi ini juga memiliki tata guna lahan campuran: permukiman padat, fasilitas umum (komersial, perumahan) serta fasilitas sosial di sekitar, yang menyebabkan pertemuan kendaraan dari berbagai aktivitas (rumah, sekolah, perbelanjaan). Dalam hal transportasi publik, ada sejumlah halte atau rute bus yang melewati atau mendekati Jalan Kapten Sumarsono; ini menunjukkan bahwa kendaraan umum dan kendaraan pribadi bersaing pada ruang jalan yang sama, memperberat kondisi simpang, terutama di jam sibuk

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, penelitian mengenai Analisa Kinerja Simpang Tak Bersinyal Ruas Jalan Kapten Sumarsono dengan Gerbang Pintu Tol Helvetia dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kinerja eksisting simpang tak bersinyal di lokasi penelitian menunjukkan bahwa simpang masih beroperasi dalam kondisi stabil (*Level of Service C-D*) berdasarkan

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023). Nilai derajat kejenuhan (*V/C ratio*) tertinggi terjadi pada jam puncak sore hari di jam (16.00 - 17.00 wib) sebesar 0,78 dengan LOS-D dengan tundaan sebesar 12,91 detik/kendaraan dan panjang antrian antara 25 - 49 kendaraan, pada hari kerja (*weekday*) dan pada hari libur (*weekend*) pada waktu sore hari di jam (16.00 - 17.00 wib) dengan kinerja 0,69 dengan LOS-C, dengan tundaan sebesar 11,50 detik/kendaraan dan panjang antrian antara 17 - 36 kendaraan. menandakan kapasitas simpang hampir terpakai penuh. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun simpang masih mampu menampung arus lalu lintas eksisting. dan sangat sering terjadi maka di sarankan untuk kedepannya di rekomendasikan untuk membuat APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) untuk mengatasi kemacetan di ruas jalan simpang tol Helvetia.

2. Faktor hambatan samping dan kondisi geometrik memiliki kontribusi besar terhadap kinerja simpang. Hambatan samping yang dikategorikan sedang hingga rendah memengaruhi peningkatan tundaan dan panjang antrean, terutama pada pendekatan Jalan Kapten Sumarsono arah timur dan barat. Selain itu, keterbatasan lebar median dan tidak tersedianya fasilitas pejalan kaki memperburuk aspek keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan.
3. Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa simpang tak bersinyal Kapten Sumarsono - Gerbang Tol Helvetia masih dalam kondisi operasional layak, tetapi menunjukkan kecenderungan menuju kejenuhan pada jam puncak pada sore hari.

Dengan demikian, penelitian ini secara empiris telah menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian, yaitu mengevaluasi kinerja simpang tak bersinyal dengan pendekatan PKJI 2023 dan mengidentifikasi pengaruh arus keluar - masuk tol terhadap tingkat pelayanan simpang. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar perumusan kebijakan teknis dalam pengelolaan lalu lintas di kawasan Jalan Kapten Sumarsono dan sekitarnya.

## Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diuraikan sebelumnya, maka beberapa saran yang dapat diberikan untuk peningkatan kinerja simpang tak bersinyal serta pengembangan penelitian di masa mendatang adalah sebagai berikut:

Untuk melakukan penataan ulang geometri simpang dan manajemen arus lalu lintas di kawasan Jalan Kapten Sumarsono. Penataan ini dapat meliputi:

1. Karena sangat sering terjadinya kemacetan pada persimpangan tol Helvetia maka di sarankan untuk kedepannya di rekomendasikan untuk membuat APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) untuk mengatasi kemacetan di ruas jalan simpang tol Helvetia Menurut Peraturan Menteri Perhubungan *Nomor 13 Tahun 2014* tentang Rambu Lalu Lintas dan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas, APILL merupakan salah satu bentuk perlengkapan jalan yang wajib disediakan pada lokasi dengan potensi konflik arus kendaraan yang tinggi atau intensitas lalu lintas yang padat
2. Pelebaran pendekat simpang, terutama pada arah keluar-masuk Gerbang Tol Helvetia, agar kapasitas meningkat dan antrian dapat dikurangi.

3. Penerapan sistem prioritas arus utama, dengan pengaturan marka dan rambu lalu lintas yang lebih jelas untuk mengurangi konflik antara arus lokal dan arus kendaraan tol.
4. Peningkatan fasilitas keselamatan, seperti zebra cross, median pembatas, dan penerangan jalan, untuk melindungi pengguna jalan dan mengurangi risiko kecelakaan di sekitar area simpang.
5. Bagi Masyarakat dan Pengguna Jalan Pengguna jalan diharapkan dapat meningkatkan disiplin berkendara di area simpang, terutama dalam hal mematuhi rambu prioritas, menjaga kecepatan, dan tidak berhenti sembarangan di sekitar akses tol.
6. Bagi Pengembangan Ilmu Teknik Sipil, khususnya Bidang Transportasi, hasil ini diharapkan dapat menjadi kontribusi empiris terhadap penerapan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 pada konteks simpang tak bersinyal dengan karakteristik khusus, yaitu pengaruh arus dari pintu tol. Oleh karena itu, hasil ini dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa, dosen, maupun praktisi untuk mengembangkan model analisis kinerja simpang berbasis kondisi lokal Indonesia yang adaptif dan sesuai standar nasional.

Dengan demikian, saran-saran yang diberikan tidak hanya bersifat praktis bagi pihak terkait dalam pengelolaan lalu lintas, tetapi juga akademis bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan penelitian lanjutan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi acuan teknis dan ilmiah dalam upaya meningkatkan efisiensi keselamatan, dan keberlanjutan sistem transportasi di kawasan perkotaan, khususnya pada simpang tak bersinyal yang terhubung dengan jaringan tol di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga Direktorat Jendral. (2023). Panduan Kapasitas Jalan Indonesia 2014. *Panduan Kapasitas Jalan Indonesia*, 68.
- Dali, E. M., Hadu, A. L., & Sudrajat, A. (2024). ANALISIS SIMPANG TIDAK BERSINYAL MENGGUNAKAN METODE PEDOMAN KINERJA JALAN INDONESIA (PKJI) 2023 (Studi Kasus: Simpang Empat Jalan Kayuhan- Jalan Kayuhan Sudimoro - Jalan Sedayu ”“ Jalan Gesikan, Bantul, Yogyakarta). *Bangun Rekaprima*, 10(2), 216–225. <https://doi.org/10.32497/bangunrekaprima.v10i2.6071>
- Harahap, M. F., Rangkuti, N. M., & Kejenuhan, D. (2025). *S i l i t e k*. 05(01), 240–248.
- Hasibuan, I. R., & Lubis, M. (2023). Studi manajemen lalu lintas Di ruas Jalan Imam Bonjol Kota Medan dengan menggunakan metode PKJI. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 4(2), 254–265.
- Jalan, S., Jalan, H. I. M., & Hamka, P. D. R. (2025). Analisis Kinerja Simpang Takbersinyal Menggunakan Aplikasi Ptv Vissim ( Studi Kasus Simpang Jalan Pulau. 14(1), 99–110.
- Lily A. Elefteriadou. (2016). Scope of the HCM6. [www.trb.org /Main/Blurbs/153590.aspx](http://www.trb.org/Main/Blurbs/153590.aspx).
- Sakti, Sundari, T., Yulianto, T., & Nugroho, W. (2024). Analisis Kinerja Pada Simpang Tiga Tak Bersinyal Jalan Raya Ploso. *Jurnal Sains Student Research*, 2(5), 448–457. <https://doi.org/10.61722/jssr.v2i5.2707>
- Siregar, B. A. S. (2024). Evaluasi Kinerja Persimpangan Tak Bersinyal Di Jalan Karya Jaya Medan Johor.
- Suseno, D. P., & Mar'i, A. A. (2024). Perbandingan Analisis Kinerja Jalan Dengan Metode Mkji 1997 Dan Pkji 2023. *Civil Engineering, Environmental, and Disaster Risk Management Symposium 2024*, 106–110.
- Syaifulah, M., Kadir, Y., & Desei, F. L. (2024). Kinerja Simpang Empat Tak Bersinyal Menggunakan Metode PKJI 2023 dan Software VISSIM. *Konstruksia*, 15(2), 147. <https://doi.org/10.24853/jk.15.2.147-163>.