

Analisis Kemacetan Lalu Lintas Simpang Tiga Tak Bersinyal Jalan Klakahrejo-Jalan Kandangan Kota Surabaya

Sofirawati

Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
Email: sofirawati01@gmail.com

Abstrak

Simpang Klakahrejo merupakan Simpang di wilayah Surabaya yang intens dilalui aneka ragam kendaraan, mulai dari roda dua, kendaraan pribadi, bus, hingga kendaraan niaga. Persimpangan tersebut menghubungkan ruas jalan dari Jalan Raya Kandangan dan Jalan Raya Klakahrejo begitu sebaliknya. Simpang ini tidak dilengkapi dengan perangkat sinyal transportasi, marka jalan, maupun indikator peringatan yang memadai, sehingga berpotensi menimbulkan kepadatan lalu lintas di area pertemuan jalan. Di sekitar simpang juga terdapat rumah sakit, pasar rakyat, instansi pendidikan dan jajanan pertokoan. Mengingat intensitas arus kendaraan yang signifikan dan ketiadaan sistem pengendalian lalu lintas, mengakibatkan timbulnya stagnasi lalu lintas pada periode puncak di hari kerja maupun akhir minggu yang mengakibatkan pada penurunan performa simpang akibat adanya perlambatan dan barisan antrean kendaraan. Dampak dari kemacetan simpang Klakahrejo mencakup penurunan efisiensi perjalanan, peningkatan emisi gas buang, serta dampak ekonomi akibat keterlambatan distribusi barang dan mobilitas masyarakat. Oleh karena itu, penelitian bertujuan untuk menanggulangi kepadatan arus kendaraan yang timbul pada simpang Klakahrejo menggunakan Analisis dengan mendapatkan data primer seperti volume lalu lintas harian, kinerja lalu lintas simpang dan memilih solusi alternatif yang terbaik dari alternatif yang diusulkan. Metode yang digunakan adalah Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2023 dan *software Vissim* untuk mempermudah dalam pembuatan alternatif solusi. Sehingga hasil Analisis diharapkan dapat sebagai pembelajaran serta bahan evaluasi dan masukkan kepada Pemerintah Daerah dalam menanggulangi permasalahan kemacetan di simpang Klakahrejo Kota Surabaya.

Kata kunci: Kemacetan, Lalu Lintas, Simpang Klakahrejo, PKJI 2023, Vissim

Abstract

Klakahrejo Intersection in Surabaya, Indonesia, is a highly trafficked unsignalized junction that accommodates various vehicle types, including motorcycles, private cars, buses, and freight vehicles. The results are expected to provide technical recommendations for improving intersection performance and serve as reference material for local authorities in addressing congestion issues at Klakahrejo. The absence of adequate traffic control facilities, including traffic signals, road markings, and warning devices, results in frequent congestion, particularly during peak hours on weekdays and weekends. This condition leads to reduced intersection performance, traffic delays, and vehicle queue formation. The impacts of congestion at this location include decreased travel efficiency, increased vehicle emissions, and economic losses due to delayed mobility and goods distribution. Therefore, this study aims to analyze traffic congestion conditions at Klakahrejo Intersection and evaluate alternative improvement strategies to identify the most effective solution. The analysis is based on primary traffic data, including traffic volume and intersection performance parameters. The evaluation is conducted using the Indonesian Highway Capacity Guidelines (PKJI 2023) and traffic simulation software VISSIM to model existing conditions and proposed scenarios. The results are expected to provide technical recommendations for improving intersection performance and serve as reference material for local authorities in addressing congestion issues at Klakahrejo Intersection, Surabaya.

Keywords: Congestion, Intersection Performance, Traffic Flow, PKJI 2023, VISSIM.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Simpang jalan merupakan elemen penting dalam sistem transportasi perkotaan yang berfungsi sebagai titik pertemuan arus lalu lintas dari beberapa arah. Pada simpang tak bersinyal, interaksi arus kendaraan terjadi tanpa pengendalian sinyal, sehingga sangat bergantung pada kondisi geometrik, volume lalu lintas, serta lingkungan sekitar jalan.

Simpang Tiga Klakahrejo di Kota Surabaya merupakan simpang tak bersinyal yang menghubungkan Jalan Raya Klakahrejo dan Jalan Raya Kandangan. Simpang ini memiliki volume lalu lintas yang cukup tinggi yang didominasi oleh sepeda motor, kendaraan penumpang, serta kendaraan barang. Aktivitas tata guna lahan di sekitar simpang seperti permukiman, fasilitas pendidikan, rumah sakit, dan kawasan perdagangan turut meningkatkan intensitas pergerakan kendaraan, terutama pada jam puncak pagi dan sore hari.

Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, kinerja simpang dinilai berdasarkan kapasitas (C), derajat kejenuhan (DJ), tundaan (T), dan tingkat pelayanan (LOS) [1]. Kondisi simpang dikatakan mulai tidak stabil apabila nilai $DJ > 0,85$, yang menunjukkan bahwa kapasitas simpang telah terlampaui dan diperlukan penanganan lebih lanjut [1].

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan kondisi eksisting, permasalahan yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah:

1. Tingginya volume lalu lintas pada jam puncak di Simpang Tiga Klakahrejo.
2. Terjadinya tundaan dan antrean kendaraan pada simpang tak bersinyal.
3. Belum optimalnya kinerja simpang berdasarkan kondisi eksisting.
4. Perlunya evaluasi kapasitas dan tingkat pelayanan simpang sebagai dasar penanganan lalu lintas.

1.3. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa volume lalu lintas pada Simpang Tiga Klakahrejo?
2. Bagaimana kinerja simpang berdasarkan PKJI 2023?
3. Bagaimana alternatif penanganan untuk meningkatkan kinerja simpang?

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menghitung volume lalu lintas pada Simpang Tiga Klakahrejo.
2. Menganalisis kinerja simpang berdasarkan PKJI 2023.
3. Memberikan rekomendasi alternatif penanganan untuk meningkatkan kinerja simpang.

1.5. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan analisis kinerja simpang berdasarkan PKJI 2023 [1]. Data diperoleh melalui survei langsung volume lalu lintas pada jam puncak di lapangan. Tahapan analisis meliputi pengumpulan data lalu lintas, klasifikasi kendaraan, konversi ke satuan mobil penumpang (smp), perhitungan kapasitas simpang, perhitungan derajat kejenuhan, tundaan, serta tingkat pelayanan (LOS).

1.6. Penelitian Terkait dan Kebaruan Penelitian

Penelitian mengenai kinerja simpang tak bersinyal menunjukkan bahwa peningkatan volume lalu lintas berdampak pada penurunan kinerja simpang. Syahputra et al. melaporkan bahwa simpang tak bersinyal dapat mencapai kondisi LOS F dengan nilai $DJ > 1,0$ [2]. Prananda menunjukkan nilai DJ sebesar 0,76 dengan kondisi antrean yang cukup panjang [3]. Sementara itu, Desanta et al. menunjukkan bahwa rekayasa lalu lintas seperti pemasangan APILL dapat meningkatkan kinerja simpang secara signifikan [4].

Berdasarkan penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa permasalahan utama simpang tak bersinyal adalah tingginya konflik arus lalu lintas yang menyebabkan penurunan kinerja simpang.

Kebaruan penelitian ini adalah:

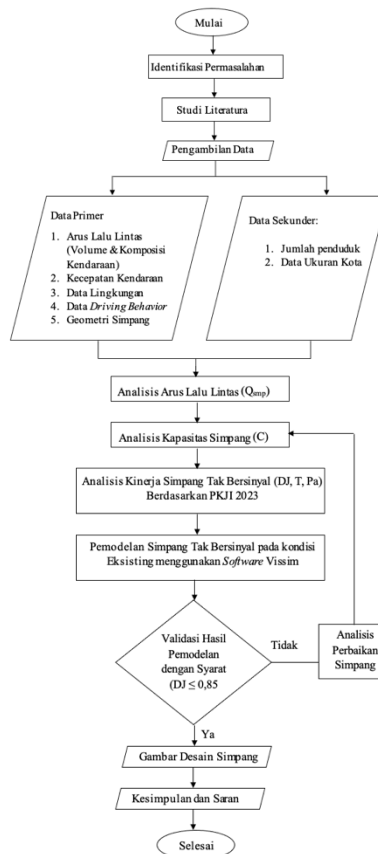
1. Lokasi studi pada Simpang Tiga Klakahrejo eksistingbaya yang memiliki karakteristik kawasan perkotaan dengan aktivitas tinggi.

2. Penggunaan metode PKJI 2023 sebagai standar analisis terbaru dalam evaluasi simpang [1].
3. Fokus penelitian tidak hanya pada kondisi eksisting, tetapi juga pada evaluasi kebutuhan penanganan berdasarkan parameter kinerja simpang.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian ini disusun secara sistematis dalam bentuk diagram alir untuk menggambarkan tahapan pelaksanaan penelitian mulai dari awal hingga akhir. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

A. Data Primer

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Volume dan komposisi kendaraan (LT, TH, RT)
2. Kecepatan kendaraan
3. Hambatan samping
4. Driving behavior
5. Geometri simpang

B. Data Sekunder

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Jumlah penduduk
2. Klasifikasi dan ukuran kota

2.3. Tahapan Pengambilan Data

A. Tahap Persiapan

Tahap ini meliputi penyusunan formulir survei berdasarkan PKJI 2023, penentuan titik pengamatan, serta pemasangan kamera pada lokasi yang telah ditentukan. Lokasi survei ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Gambar 2. Formulir Survei

Gambar 3. Formulir Survei

B. Tahap Pelaksanaan Survei

1. Data Volume Lalu Lintas: Data diperoleh melalui rekaman video dan dihitung secara manual berdasarkan jenis kendaraan dan arah pergerakan (LT, TH, RT), kemudian dikonversi ke satuan SMP/jam.
2. Data Kecepatan Kendaraan: Kecepatan diperoleh dari pengukuran waktu tempuh kendaraan pada jarak tertentu.
3. Data Hambatan Samping: meliputi aktivitas pejalan kaki, parkir, dan aktivitas tepi jalan.
4. Driving Behavior: meliputi jarak antar kendaraan, akselerasi, dan gap acceptance.
5. Data Geometri Simpang: meliputi lebar pendekat, jumlah lajur, dan kondisi eksisting simpang

2.4. Analisa Arus Lalu Lintas (Qsmp)

Arus lalu lintas dihitung berdasarkan data survei lapangan dengan persamaan [1]:

$$Q_{smp} = \sum (Q_i \times EMP_i) \quad [1]$$

Keterangan:

Q_{smp} = arus lalu lintas (SMP/jam)

Q_i = volume kendaraan jenis i

EMP_i = ekivalensi mobil penumpang

2.5. Analisa Kapasitas Simpang (C)

Kapasitas simpang dihitung menggunakan pendekatan PKJI 2023 dengan persamaan [2]:

$$C = C_0 \times FUP \times FM \times FUK \times FHS \times FBKi \times FBKa \times FRmi \quad [2]$$

Keterangan:

C = kapasitas simpang (SMP/jam)

C_0 = kapasitas dasar

F = faktor penyesuaian kondisi geometrik dan lalu lintas

2.6. Analisa Kinerja Simpang

1. Derajat Kejenuhan (DJ) menunjukkan tingkat penggunaan kapasitas simpang dihitung menggunakan pendekatan PKJI 2023 dengan persamaan [3]:

$$DJ = \frac{c}{q} \quad [3]$$

2. Tundaan Simpang dihitung menggunakan pendekatan PKJI 2023 dengan persamaan [4]:

$$T = TLL + TG \quad [4]$$

Keterangan:

T = tundaan total simpang

3. Peluang Antrean menunjukkan kemungkinan terbentuknya antrean kendaraan pada simpang berdasarkan kondisi arus lalu lintas dan kapasitas.
4. Pemodelan PTV VISSIM. Pemodelan lalu lintas dilakukan menggunakan PTV VISSIM untuk merepresentasikan kondisi lalu lintas secara mikroskopik. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan data lapangan. Apabila selisih lebih dari 10%, maka dilakukan penyesuaian parameter CC0–CC9. Kriteria kelayakan model: $MAPE \leq 20\%$ maka, model dinyatakan valid. Validasi dilakukan menggunakan. Parameter yang digunakan meliputi:
 1. Wiedemann 74/99
 2. Free flow speed
 3. Gap acceptance
 4. Driving behavior
 5. Kalibrasi Model

2.7. Analisa Rekomendasi Perbaikan Simpang

Apabila nilai $DJ > 0,85$, maka diperlukan penanganan simpang. Alternatif penanganan yang digunakan antara lain:

1. Penurunan hambatan samping
2. Pelarangan belok kanan
3. Kombinasi solusi 1 dan solusi 2

Alternatif dengan nilai tertinggi menjadi rekomendasi utama. Evaluasi alternatif dilakukan dengan metode pembobotan:

1. Efektivitas (50%)
2. Biaya (30%)
3. Dampak lingkungan (20%)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Survei Lalu Lintas

Berdasarkan hasil survei lapangan, diperoleh data primer berupa volume lalu lintas, arah pergerakan kendaraan, serta klasifikasi jenis kendaraan pada lokasi studi. Data dikumpulkan secara sistematis untuk menggambarkan kondisi operasional lalu lintas aktual pada simpang.

Survei dilakukan pada dua periode pengamatan, yaitu hari kerja (Senin) yang mewakili kondisi puncak lalu lintas harian kerja, dan hari libur (Sabtu) yang mewakili kondisi puncak lalu lintas akhir pekan.

Selanjutnya data diolah menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, meliputi:

1. Formulir 1: konversi volume lalu lintas ke satuan mobil penumpang (smp)
2. Formulir 2: analisis kapasitas dan derajat kejenuhan

3.2. Analisis Arus Lalu Lintas

- A. Arus Jalan Minor (q_{mi}). Jalan minor adalah arus dari pendekat sekunder simpang, karena tidak ada pendekat C maka dihitung menggunakan pendekatan PKJI 2023 sebagai berikut]:

Hari Kerja

$$q_{mi} = q_A + q_C$$

$$q_{mi} = 4920 \text{ smp/jam}$$

Hari Libur

$$q_{mi} = q_A + q_C$$

$$q_{mi} = 2111 \text{ smp/jam}$$

- B. Arus Jalan Mayor (q_{ma}). Jalan mayor merupakan arus utama dengan volume dominan dan dihitung menggunakan pendekatan PKJI 2023 sebagai berikut

Hari Kerja

$$q_{ma} = q_B + q_D$$

$$q_{ma} = 6188 + 6726 = 12905 \text{ smp/jam}$$

Hari Libur

$$q_{ma} = q_B + q_D$$

$$q_{ma} = 3197 + 2716 = 5913 \text{ smp/jam}$$

- C. Total Arus Lalu Lintas adalah jumlah seluruh arus pada simpang, yaitu penjumlahan arus jalan mayor dan minor dalam satuan smp (PKJI 2023).

Hari Kerja

$$q_{TOT} = q_{mi} + q_{ma}$$

$$q_{TOT} = 17825 \text{ smp/jam}$$

Hari Libur

$$q_{TOT} = q_{mi} + q_{ma}$$

$$q_{TOT} = 80245 \text{ smp/jam}$$

3.2. Perhitungan Kapasitas dan Kinerja Simpang

- A. Kapasitas simpang adalah kemampuan maksimum simpang dalam melayani arus lalu lintas yang dinyatakan dalam satuan smp/jam sesuai PKJI 2023 dihitung sebagai berikut dengsn diikuti $C_0 = 3200 \text{ smp/jam}$.

Hari Kerja

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BKi} \times F_{BK\alpha} \times F_{Rmi}$$

$$C = 3953 \text{ smp/jam}$$

Hari Libur

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BKi} \times F_{BK\alpha} \times F_{Rmi}$$

$$C = 3384 \text{ smp/jam}$$

- B. Derajat Kejenuhan (DJ) adalah perbandingan antara arus lalu lintas dan kapasitas simpang yang menunjukkan tingkat kinerja simpang (PKJI 2023) dihitung sebagai berikut.

Hari Kerja

$$DJ = \frac{C}{q_{TOT}}$$

$$DJ = \frac{17825}{3953} = 1,72$$

Hari Libur

$$DJ = \frac{C}{q_{TOT}}$$

$$DJ = \frac{8024}{3384} = 1,09$$

Interpretasi:

- $DJ > 0,85 \rightarrow$ jenuh
- $DJ > 1,00 \rightarrow$ oversaturated (macet berat)

- C. Tundaan lalu lintas adalah waktu keterlambatan yang dialami kendaraan saat melewati simpang akibat hambatan arus lalu lintas (PKJI 2023), dinyatakan dalam detik per smp dan dihitung sebagai berikut.

Hari Kerja

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

$$T = -10,13 \text{ smp/jam}$$

Hari Libur

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

$$T = 24,25 \text{ smp/jam}$$

- D. Peluang antrian (P_a) dinyatakan dalam persentase (%) yang menunjukkan kemungkinan terjadinya antrian pada simpang dan dihitung sebagai berikut.

Hari Kerja

Batas atas:

$$P_a = 47,71DJ - 24,68DJ^2 + 56,47DJ^3$$

$$P_a = 47,71(1,72) - 24,68(1,72)^2 + 56,47(1,72)^3$$

$$P_a = 130,13\%$$

Batas bawah:

$$P_a = 9,02DJ - 20,66DJ^2 + 10,49DJ^3$$

$$P_a = 9,02(1,72) - 20,66(1,72)^2 + 10,49(1,72)^3$$

$$P_a = 296,70\%$$

Hari Libur

Batas atas:

$$P_a = 47,71DJ - 24,68DJ^2 + 56,47DJ^3$$

$$P_a = 47,71(1,09) - 24,68(1,09)^2 + 56,47(1,09)^3$$

$$P_a = 47,86\%$$

Batas bawah:

$$P_a = 9,02DJ - 20,66DJ^2 + 10,49DJ^3$$

$$P_a = 9,02(1,09) - 20,66(1,09)^2 + 10,49(1,09)^3$$

$$P_a = 95,58\%$$

- E. Tingkat Pelayanan (LOS) adalah ukuran kualitas kinerja simpang berdasarkan nilai DJ dan tundaan (PKJI 2023), yang menunjukkan tingkat kelancaran arus lalu lintas. dihitung sebagai berikut.

$$DJ > 1,0 \rightarrow \text{LOS F}$$

Menunjukkan simpang berada pada kondisi jenuh hingga gagal melayani arus lalu lintas (LOS F).

3.2. Rekomendasi Perbaikan Simpang

Berdasarkan hasil analisis kinerja simpang, beberapa alternatif penanganan diuji untuk menurunkan derajat kejenuhan (DJ) sesuai PKJI 2023.

1. Solusi 1: Penurunan Hambatan Samping

Penanganan dilakukan dengan mengurangi hambatan samping (parkir liar, PKL, dan keluar-masuk kendaraan) sehingga faktor koreksi hambatan samping (FHS) meningkat.

- Kapasitas Simpang

Hari kerja:

$$C = 3200 \times 1,21755 \times 1,05 \times 1,05 \times 0,95 \times 1,1476 \times 0,9104 \times 0,9471$$

$$C = 4038 \text{ smp/jam}$$

Hari libur:

$$C = 3200 \times 1,21755 \times 1,05 \times 1,05 \times 0,81 \times 1,2004 \times 0,8820 \times 0,9419$$

$$C = 3470 \text{ smp/jam}$$

- Derajat Kejenuhan

Hari kerja:

$$DJ = \frac{6801}{4038} = 1,68$$

Hari libur:

$$DJ = \frac{3684,8}{3470} = 1,06$$

Evaluasi: Nilai DJ masih $> 0,85$ sehingga kondisi simpang masih jenuh.

2. Solusi 2: Larangan belok kanan

Rekayasa dilakukan dengan melarang gerakan belok kanan untuk mengurangi konflik lalu lintas sehingga arus konflik menurun dan kapasitas meningkat.

- Kapasitas Simpang

Hari kerja:

$$C = 3200 \times 1,21755 \times 1,05 \times 1,05 \times 0,93 \times 1,3385 \times 1,09 \times 0,9471$$

$$C = 5520 \text{ smp/jam}$$

Hari libur:

$$C = 3200 \times 1,21755 \times 1,05 \times 1,05 \times 0,79 \times 1,3946 \times 1,09 \times 0,9419$$

$$C = 4859 \text{ smp/jam}$$

- Derajat Kejenuhan

Hari kerja:

$$DJ = \frac{6801}{5520} = 1,23$$

Hari libur:

$$DJ = \frac{3684,8}{4859} = 0,76$$

Evaluasi: Solusi efektif pada hari libur, namun belum memenuhi syarat pada hari kerja.

3. Solusi 3: Kombinasi penurunan hambatan samping dan larangan belok kanan. Kombinasi penurunan hambatan samping dan larangan belok kanan dilakukan secara simultan untuk meningkatkan kapasitas sekaligus menurunkan konflik arus.

- Kapasitas Simpang

Hari kerja:

$$C = 3200 \times 1,21755 \times 1,05 \times 1,05 \times 0,95 \times 1,3385 \times 1,09 \times 0,9471$$

$$C = 5639 \text{ smp/jam}$$

Hari libur:

$$C = 3200 \times 1,21755 \times 1,05 \times 1,05 \times 0,81 \times 1,3946 \times 1,09 \times 0,9419$$

$$C = 4982 \text{ smp/jam}$$

- Derajat Kejenuhan

Hari kerja:

$$DJ = \frac{6801}{5639} = 1,21$$

Hari libur:

$$DJ = \frac{3684,8}{4982} = 0,74$$

Evaluasi: Solusi efektif pada hari libur, namun belum memenuhi syarat pada hari kerja.

Berdasarkan hasil analisis akhir setelah penerapan skenario penanganan, diperoleh nilai derajat kejenuhan (DJ) sebesar 1,21 pada hari kerja dan 0,74 pada hari libur. Kondisi ini menunjukkan bahwa simpang telah memenuhi kriteria PKJI 2023 pada hari libur ($DJ < 0,85$), namun masih berada dalam kondisi jenuh pada hari kerja.

Penerapan metode trial and error yang meliputi penurunan hambatan samping, larangan belok kanan, serta kombinasi keduanya, terbukti mampu meningkatkan kapasitas dan menurunkan DJ dibanding kondisi eksisting. Namun, penurunan tersebut belum cukup signifikan untuk memenuhi kriteria kinerja pada kondisi jam puncak hari kerja.

Keterbatasan geometrik, khususnya pada lengan minor yang berada di kawasan permukiman, menyebabkan alternatif pelebaran jalan tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu, diperlukan kajian lanjutan berupa pengembangan rekayasa lalu lintas, baik melalui manajemen lalu lintas maupun peningkatan pengaturan operasional simpang, agar nilai DJ dapat diturunkan hingga $\leq 0,85$ sesuai ketentuan PKJI 2023 dan kinerja simpang dapat meningkat secara optimal.

IV. KESIMPULAN

Simpang Tiga Klakahrejo–Kandangan merupakan simpang tak bersinyal dengan volume lalu lintas tinggi akibat pengaruh aktivitas kawasan sekitar seperti permukiman, pendidikan, perdagangan, dan fasilitas umum. Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya konflik arus lalu lintas terutama pada jam puncak, yang berdampak pada tundaan, antrean, serta penurunan kinerja simpang.

Berdasarkan kajian PKJI 2023, kinerja simpang dipengaruhi oleh kapasitas, derajat kejenuhan (DJ), tundaan, dan tingkat pelayanan (LOS). Suatu simpang dinyatakan mengalami kondisi tidak stabil apabila nilai $DJ > 0,85$. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi kinerja simpang untuk mengetahui tingkat pelayanan eksisting serta menentukan kebutuhan penanganan yang tepat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis volume lalu lintas, kinerja simpang berdasarkan PKJI 2023, serta mengevaluasi alternatif penanganan untuk meningkatkan kinerja Simpang Tiga Klakahrejo–Kandangan. Metode yang digunakan adalah analisis kuantitatif deskriptif berdasarkan data survei lapangan dan perhitungan kapasitas serta kinerja simpang.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang tepat dalam upaya peningkatan kinerja simpang dan pengurangan tingkat kemacetan pada lokasi studi.

REFERENSI

- [1] Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2023.
- [2] E. F. M. Syahputra, A. Rachmawati, and I. S. Ingsih, “Evaluasi kinerja simpang tiga tak bersinyal Karangploso–Pendem Kabupaten Malang dengan software VISSIM dan metode PKJI 2023,” *Jurnal Teknik Sipil*, 2023.
- [3] M. H. Prananda, *Analisis kinerja simpang bersinyal dan tidak bersinyal Simpang Cebongan berdasarkan MKJI 1997 dan PKJI 2023*. Skripsi, Universitas, 2023.
- [4] D. F. F. Desanta, I. Sholichin, and F. Estikhamah, “Analisis kinerja simpang tidak bersinyal Jalan Menganti–Jalan Sepat–Jalan Wisma Lidah Kulon Kota Surabaya menggunakan metode PKJI 2023,” *Jurnal Teknik Sipil*, 2024.
- [5] PTV Group, *PTV VISSIM User Manual*. Karlsruhe, Germany: PTV Planung Transport Verkehr AG, 2021.
- [6] Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan*. Jakarta, 2004.
- [7] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan*. Jakarta, 2006.
- [8] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Penetapan Tingkat Pelayanan Jalan*. Jakarta, 2015.