

STUDI ANALISIS KINERJA SIMPANG LIMA BERSINYAL PADA KASUS JALAN RAYA KRIAN MAGERSARI KECAMATAN KRIAN KABUPATEN SIDOARJO

Habib Nurul Qomar¹, Anang Bakhtiar², Ita Suherminingsih³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail: 21901051171@unisma.ac.id

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail: anang.bakhtiar@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail: ita.suhermin@unisma.ac.id

ABSTRACT

Traffic congestion is one of the main structural and operational problems in major urban and semi-urban corridors in Indonesia. This phenomenon is vividly illustrated at the Krian Magersari Five-Way Signalized Intersection in Sidoarjo Regency, a critical logistical node connecting Surabaya, Mojokerto, and adjacent strategic regions. High vehicle volumes, compound geometric patterns, sub-optimal signal cycles, and intense side friction parameters contribute significantly to geometric gridlocks, severe vehicle delays, and elongated queue propagation during peak hours. This study evaluates the operational performance of the intersection using the 2023 Indonesian Road Capacity Guidelines (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia / PKJI 2023) framework integrated with micro-simulation analysis via PTV Vissim software. The diagnostic analysis of the baseline (existing) operational environment indicated highly saturated conditions with a Degree of Saturation (DS) exceeding 1.0 across major approaches, resulting in a systemic Level of Service (LOS) grade of F, marked by an average delay greater than 60 seconds per vehicle. To mitigate this critical performance deficiency, engineering interventions were formulated and evaluated. The optimized design scenario introduces a mandatory 1-meter geometric road widening on the critical approach lanes coupled with an operational adjustments of the traffic signal (APILL) timing structure to a balanced fixed 120-second cycle layout. Micro-simulation output and mathematical derivations confirmed that the joint implementation of the 1-meter widening and signal optimization effectively drops the Degree of Saturation below the threshold of 0.85, drastically lowers average intersection delays, and successfully elevates the performance to a highly acceptable Level of Service (LOS) C and D. This study provides an empirical template for geometric and operational rehabilitation of complex intersections.

Keywords: *Intersection performance, PKJI 2023, PTV Vissim, Road widening, Signal optimization, Level of Service (LOS).*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem jaringan transportasi jalan raya merupakan urat nadi utama dalam mendukung mobilitas penduduk, aktivitas perdagangan, distribusi logistik, serta pertumbuhan ekonomi regional di Indonesia [1]. Seiring dengan pertumbuhan populasi dan akselerasi kepemilikan kendaraan bermotor yang sangat masif, kapasitas infrastruktur jalan yang ada sering kali tidak mampu mengimbangi tuntutan arus lalu lintas yang bergerak di atasnya.

Ketidakseimbangan ini memicu terjadinya permasalahan transportasi klasik yang sangat kronis, yaitu kemacetan lalu lintas. Menurut Bakhtiar (2022), kemacetan yang terjadi di kawasan urban maupun semi-urban tidak semata-mata disebabkan oleh tingginya volume kendaraan, tetapi juga dipicu oleh keterbatasan ruang milik jalan, manajemen rekayasa lalu lintas yang kurang efektif, serta buruknya pengendalian hambatan samping [2].

Kondisi penurunan kinerja lalu lintas yang sangat signifikan ini terjadi secara nyata di

Simpang Lima Krian, yang berlokasi di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Menurut Ingsih (2023), tingginya intensitas aktivitas industri, pusat perbelanjaan tradisional, pertokoan komersial, fasilitas ibadah, serta pemukiman padat di sekitar persimpangan ini memicu bangkitan dan tarikan perjalanan yang sangat luar biasa sepanjang hari, dengan akumulasi puncak terjadi pada jam sibuk pagi hari saat keberangkatan kerja dan sore hari saat kepulangan aktivitas masyarakat [6].

Selain disebabkan oleh beban volume arus lalu lintas yang sangat padat, kompleksitas permasalahan di Simpang Lima Krian juga diperparah oleh tata guna lahan di sisi jalan yang memicu tingginya nilai hambatan samping (side friction). Keberadaan aktivitas pedagang kaki lima (PKL) yang menggunakan sebagian badan jalan, kendaraan umum yang berhenti dan parkir sembarangan untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, serta aktivitas keluar-masuk kendaraan pada pusat-pusat kegiatan tanpa adanya fasilitas lajur khusus menyebabkan penurunan kapasitas efektif lajur pendekat secara drastis [3]. Data historis dari Departemen Perhubungan Provinsi Jawa Timur mencatat bahwa beban volume lalu lintas harian rata-rata yang melintasi kawasan ini terus menunjukkan tren peningkatan yang tajam dari tahun ke tahun, sementara lebar geometrik jalan eksisting cenderung stagnan akibat keterbatasan lahan dan mahalnya biaya pembebasan tanah. Hal ini memicu ketidakseimbangan struktural antara penawaran kapasitas infrastruktur (supply) dan permintaan volume pergerakan (demand) [4].

Berdasarkan permasalahan yang kompleks tersebut, diperlukan sebuah kajian ilmiah yang komprehensif, terstruktur, dan terstandarisasi untuk mengevaluasi parameter kinerja operasional dari persimpangan tersebut serta merumuskan skenario pemecahan masalah yang paling efektif dan rasional untuk diterapkan. Untuk memperkuat akurasi analisis analitis tersebut, penelitian ini mengintegrasikan metode PKJI 2023 dengan pemodelan mikrosimulasi komputer menggunakan perangkat lunak PTV VISSIM [7].

Menurut Rahmawati (2022), integrasi antara perhitungan manual berbasis pedoman

nasional dan simulasi mikroskopis digital mampu memberikan visualisasi pergerakan kendaraan yang sangat mendetail, mempermudah proses kalibrasi perilaku pengemudi lokal, serta memungkinkan pengujian berbagai alternatif solusi rekayasa lalu lintas secara virtual sebelum diterapkan di lapangan secara nyata[11]. Integrasi antara perhitungan manual berbasis pedoman nasional dan simulasi mikroskopis digital mampu memberikan visualisasi pergerakan kendaraan yang sangat mendetail, mempermudah proses kalibrasi perilaku pengemudi lokal, serta memungkinkan pengujian berbagai alternatif solusi rekayasa lalu lintas secara virtual sebelum diterapkan di lapangan secara nyata. Pendekatan integratif mikrosimulasi dan pedoman ini sebelumnya jugatelah terbukti efektif dalam studi evaluasi simpang bersinyal oleh Misdalena [9].

Urgensi dari pelaksanaan penelitian ini sangat tinggi mengingat besarnya dampak kerugian multi-sektor yang ditimbulkan akibat kemacetan berkepanjangan di Simpang Lima Krian. Kerugian tersebut meliputi aspek ekonomi berupa pemborosan konsumsi bahan bakar minyak (BBM), peningkatan biaya operasional kendaraan (BOK), depresiasi nilai waktu perjalanan pengemudi, serta potensi penurunan produktivitas kerja masyarakat akibat kelelahan fisik di jalan raya. Dari aspek lingkungan, penumpukan kendaraan pada kondisi statis dengan mesin menyala memicu lonjakan emisi gas buang beracun (CO, NOx, HC) yang menurunkan kualitas udara di sekitar Kecamatan Krian. Melalui penelitian studi analisis ini, diharapkan dapat dihasilkan rekomendasi rekayasa lalu lintas yang solutif, komparatif, dan aplikatif—khususnya melalui skenario pelebaran jalan sebesar 1 meter pada lajur pendekat kritis dikombinasikan dengan optimalisasi penyesuaian waktu siklus Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) agar tingkat pelayanan simpang dapat ditingkatkan ke level yang aman, nyaman, dan berkelanjutan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian mendalam pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan identifikasi masalah yang terjadi pada objek studi sebagai berikut:

1. Simpang Lima Krian secara konsisten mengalami fenomena kemacetan lalu lintas yang parah dan berkepanjangan, terutama pada jam puncak pagi (06.30 - 08.00 WIB) dan jam puncak sore (16.00 - 17.30 WIB).
2. Terjadinya akumulasi panjang antrean kendaraan (queue length) yang mengular hingga ratusan meter pada kaki simpang utama, terutama pada pendekat Jalan Raya Krian-Magersari dan Jalan Basuki Rahmat, yang sering kali mengunci pergerakan kendaraan di pendekat lainnya.
3. Pengaturan durasi fase dan waktu siklus lampu lalu lintas (traffic signal timing) pada Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) eksisting sudah tidak sesuai dengan karakteristik distribusi volume kendaraan terbaru, memicu pembagian waktu hijau (green time) yang tidak proporsional.
4. Lebar geometrik jalan eksisting (lebar lajur pendekat) pada masing-masing kaki simpang sudah sangat sempit dan tidak memadai untuk menampung pergerakan kendaraan campuran (mixed traffic), termasuk kendaraan berat seperti truk logistik dan bus antarkota.
5. Tingginya aktivitas komersial di kawasan tepi jalan, seperti pasar tradisional, pertokoan, dan keberadaan Pedagang Kaki Lima (PKL) yang mengokupasi badan lajur, memicu tingginya kelas hambatan samping yang menurunkan kapasitas lajur efektif secara signifikan.
6. Belum adanya studi evaluasi yang komprehensif mengintegrasikan metode empiris Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) dengan teknologi pemodelan simulasi mikroskopis PTV VISSIM untuk memprediksi efektivitas solusi rekayasa lalu lintas di lokasi tersebut.

1.3 Rumusan Masalah

Untuk memberikan arah penelitian yang jelas, maka rumusan masalah dalam studi analisis ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Berapa besarnya volume arus lalu lintas, karakteristik geometrik lajur, dan tingkat

hambatan samping yang terjadi pada masing-masing pendekat di Simpang Lima Krian, Kabupaten Sidoarjo pada kondisi puncak?

2. Bagaimana karakteristik kinerja operasional eksisting Simpang Lima Krian ditinjau dari parameter Kapasitas (C), Derajat Kejenuhan (DJ), Tundaan Rata-rata (T), dan Tingkat Pelayanan Jalan (LOS) berdasarkan analisis PKJI 2023 dan pemodelan software PTV VISSIM?
4. Bagaimana efektivitas implementasi alternatif skenario solusi rekayasa berupa pelebaran jalan sebesar 1 meter pada lajur pendekat dikombinasikan dengan penyesuaian waktu siklus APILL dalam meningkatkan Tingkat Pelayanan Jalan (LOS) simpang?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan spesifik yang ingin dicapai melalui pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menghitung dan menganalisis besarnya volume arus lalu lintas total, dimensi geometrik eksisting, serta nilai kelas hambatan samping pada setiap pendekat Simpang Lima Krian.
2. Untuk mengevaluasi dan memvalidasi nilai indikator kinerja eksisting simpang (Kapasitas, Derajat Kejenuhan, Waktu Tundaan, dan Tingkat Pelayanan Jalan/LOS) menggunakan formulasi empiris PKJI 2023 dan permodelan mikrosimulasi PTV VISSIM.
3. Untuk merumuskan dan menguji keandalan skenario solusi teknis yang mengombinasikan pelebaran jalan lajur pendekat sepanjang 1 meter dan optimalisasi durasi waktu siklus APILL menjadi 120 detik guna mengurai kemacetan operasional.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian studi analisis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis maupun praktis sebagai berikut:
2. Manfaat Teoritis (Akademis): Memberikan tambahan literatur ilmiah, referensi, dan studi komparatif dalam bidang rekayasa transportasi dan teknik lalu lintas,

hususnya mengenai metodologi integrasi antara Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) dan peranti lunak simulasi mikroskopis (PTV VISSIM) pada persimpangan berlengan banyak (simpang lima).

3. Manfaat Praktis (Instansional): Menyediakan bahan masukan teknis, data empiris lapangan, dan rekomendasi kebijakan yang valid bagi Dinas Perhubungan Kabupaten Sidoarjo, Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur, serta instansi terkait dalam melakukan penataan geometrik dan manajemen operasional lampu lalu lintas di Simpang Lima Krian secara nyata.
4. Manfaat Sosial (Masyarakat): Membantu mengurangi kemacetan lalu lintas, mempercepat waktu tempuh perjalanan, menekan pemborosan biaya bahan bakar, dan meningkatkan kenyamanan serta keselamatan berkendara bagi seluruh pengguna jalan yang melintasi kawasan Krian-Magersari.

1.6 Batasan Masalah

1. Mengingat luasnya ruang lingkup bidang teknik sipil dan rekayasa transportasi, maka penelitian ini dibatasi oleh beberapa ketentuan khusus guna menjaga fokus analisis:
2. Analisis teknis hanya berfokus pada evaluasi kinerja lalu lintas dan rekayasa geometrik lajur, serta tidak membahas segi analisa anggaran biaya konstruksi (RAB), kekuatan struktural perkerasan jalan, maupun metode pelaksanaan konstruksi fisik di lapangan.
3. Penelitian ini tidak membahas dampak sosial, ekonomi, dan psikologis secara meluas terhadap masyarakat sekitar akibat adanya rencana perubahan fisik persimpangan, melainkan murni meninjau parameter efisiensi arus kendaraan.
4. Pengambilan data primer melalui survei lapangan dibatasi pada waktu sibuk (jam puncak) yang representatif, dilakukan selama 3 hari kerja (Senin, Rabu, Jumat) dan 2 hari akhir pekan (Sabtu dan Minggu) selama periode waktu dua minggu untuk menangkap fluktuasi arus lalu lintas

tertinggi.

5. Peraturan, rumus, dan standar perhitungan manual yang diadopsi mutlak mengacu pada ketentuan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) untuk Simpang Bersinyal, sedangkan perangkat lunak simulasi dibatasi pada penggunaan PTV VISSIM Student/Academic Version.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kajian pustaka mendeskripsikan landasan teori, formulasi matematis, dan standar baku yang melandasi seluruh proses analisis data dalam penelitian. Pemahaman fundamental mengenai karakteristik persimpangan, parameter arus lalu lintas, standar kinerja PKJI 2023, serta prinsip kerja permodelan mikrosimulasi merupakan kunci utama untuk menghasilkan analisis yang valid dan akurat.

2.1 Pengertian Simpang dan Karakternya

Menurut Khisty (2005), persimpangan didefinisikan sebagai suatu area umum di mana dua atau lebih jalan raya bergabung atau berpotongan, mencakup ruang jalan dan fasilitas tepi jalan yang digunakan untuk menampung pergerakan lalu lintas di dalamnya. Persimpangan merupakan komponen paling kritis dalam sistem jaringan jalan perkotaan karena kapasitas keseluruhan dari jaringan jalan tersebut sangat ditentukan kapasitas operasional persimpangannya [5].

Hobbs (1995) menyatakan bahwa persimpangan jalan berfungsi sebagai simpul (node) transportasi utama yang mempertemukan berbagai arus pergerakan kendaraan dari arah pendekatan (approaches) yang berbeda. Akibat adanya pertemuan arus ini, persimpangan menjadi pusat konsentrasi titik konflik potensial antar-kendaraan, seperti konflik memotong (crossing), konflik memencar (diverging), dan konflik bergabung (merging). Berdasarkan cara pengaturannya, persimpangan secara garis besar diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu simpang tak bersinyal yang mengandalkan aturan prioritas hak jalan pengemudi, dan simpang bersinyal yang kinerjanya dikendalikan secara periodik menggunakan sistem lampu lalu lintas (APILL) [5].

2.2 Formulir Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Berdasarkan PKJI 2023

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) menetapkan prosedur perhitungan matematis yang sistematis untuk mengevaluasi kinerja lalu lintas pada simpang bersinyal. Parameter utama yang dievaluasi meliputi Arus Lalu Lintas (q), Kapasitas (C), Derajat Kejenuhan (DJ), Panjang Antrean (PA), Tundaan (T), dan Tingkat Pelayanan (Level of Service / LOS) [7]. Langkah awal analisis adalah mengonversi volume kendaraan nyata hasil survei (kendaraan/jam) menjadi satuan mobil penumpang per jam (smp/jam) menggunakan Faktor Ekuivalen Kendaraan Penumpang (ekp) lajur bersinyal sebagai berikut:

- Kendaraan Ringan / Light Vehicle (KR/LV) = 1,0
- Kendaraan Berat / Heavy Vehicle (KB/HV) = 1,3
- Sepeda Motor / Motorcycle (SM/MC) = 0,15 hingga 0,20 (tergantung lebar pendekat)

Formulasi utama untuk menghitung Kapasitas (C) pada lajur pendekat bersinyal dinyatakan dalam rumus berikut:

$$C = S \times (g / c) \quad (\text{Persamaan 2.1})$$

Di mana C adalah kapasitas pendekat (smp/jam), S adalah arus jenuh lajur (smp/jam), g adalah waktu nyala hijau efektif (detik), dan c adalah waktu siklus lampu lalu lintas total (detik). Nilai arus jenuh dasar (S_0) ditentukan berdasarkan lebar efektif lajur pendekat (W_e), yang kemudian dikoreksi menggunakan berbagai faktor penyesuaian :

$$S = S_0 \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt} \quad (\text{Persamaan 2.2})$$

Di mana F_{cs} adalah faktor koreksi ukuran kota, F_{sf} adalah faktor koreksi hambatan samping, F_g adalah faktor koreksi kelandaian jalan, F_p adalah faktor koreksi parkir tepi jalan, F_{rt} adalah faktor koreksi belok kanan, dan F_{lt} adalah faktor koreksi belok kiri.

Derajat Kejenuhan (DJ) dihitung untuk mengukur tingkat pemanfaatan lajur pendekat dengan membagi arus lalu lintas dengan kapasitasnya:

$$DJ = q / C \quad (\text{Persamaan 2.3})$$

Nilai batas kritis Derajat Kejenuhan yang disyaratkan oleh PKJI 2023 untuk menjamin kondisi lalu lintas yang stabil adalah $DJ \leq 0,85$. Apabila nilai DJ melebihi angka 0,85, lajur tersebut dikategorikan sebagai kondisi jenuh (over-saturated) yang memicu tundaan

eksponensial.

Tundaan rata-rata per kendaraan (T) terdiri dari penjumlahan tundaan lalu lintas (TL) dan tundaan geometri (TG). Tundaan lalu lintas ditentukan berdasarkan formulasi fungsi dari derajat kejenuhan lajur:

$$TL = [c \times (1 - g/c)^2 / (2 \times (1 - DJ \times g/c))] + [900 \times DJ^2 \times ((DJ - 1) + \sqrt{((DJ - 1)^2 + (4 \times DJ / C)})] \quad (\text{Persamaan 2.4})$$

Berdasarkan besarnya nilai tundaan total tersebut, Tingkat Pelayanan Jalan (LOS) ditentukan dari klasifikasi tabel standar Kementerian Perhubungan, di mana nilai tundaan > 60 detik secara otomatis menempatkan lajur ke dalam kriteria LOS F.

2.3 Teori Mikrosimulasi Lalu Lintas PTV VISSIM

PTV VISSIM merupakan perangkat lunak mikrosimulasi lalu lintas berdimensi waktu dan perilaku berkendara (behavioral-based microsimulation system) yang dikembangkan untuk memodelkan operasional transportasi secara detail. Berbeda dengan metode makroskopis yang meninjau arus lalu lintas sebagai satu kesatuan fluida (seperti pada PKJI), VISSIM memodelkan setiap pergerakan kendaraan secara individual sebagai entitas diskret. Pergerakan entitas kendaraan tersebut dikendalikan oleh model psiko-fisik mengikuti kendaraan (car-following model) yang dikembangkan oleh Wiedemann (1974) [12]. Model ini mengasumsikan bahwa seorang pengemudi akan bereaksi secara dinamis (melakukan pengereman atau akselerasi) berdasarkan perlambatan dan jarak relatif dari kendaraan di depannya. Sebelum model simulasi VISSIM digunakan untuk menguji skenario solusi (pelebaran jalan dan perubahan APILL), model eksisting wajib melalui tahapan kalibrasi dan validasi terlebih dahulu menggunakan uji statistik Geoffrey E. Havers (GEH) untuk memastikan perilaku visual dan parameter output model digital identik dengan kondisi empiris riil di lapangan Simpang Krian.

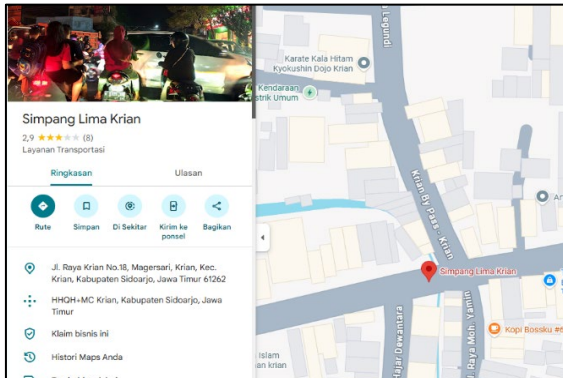
3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menjabarkan tahapan pelaksanaan studi secara sistematis, mulai dari penentuan lokasi objek penelitian, teknik pengumpulan data primer dan sekunder,

instrumen survei, hingga kerangka pemecahan masalah

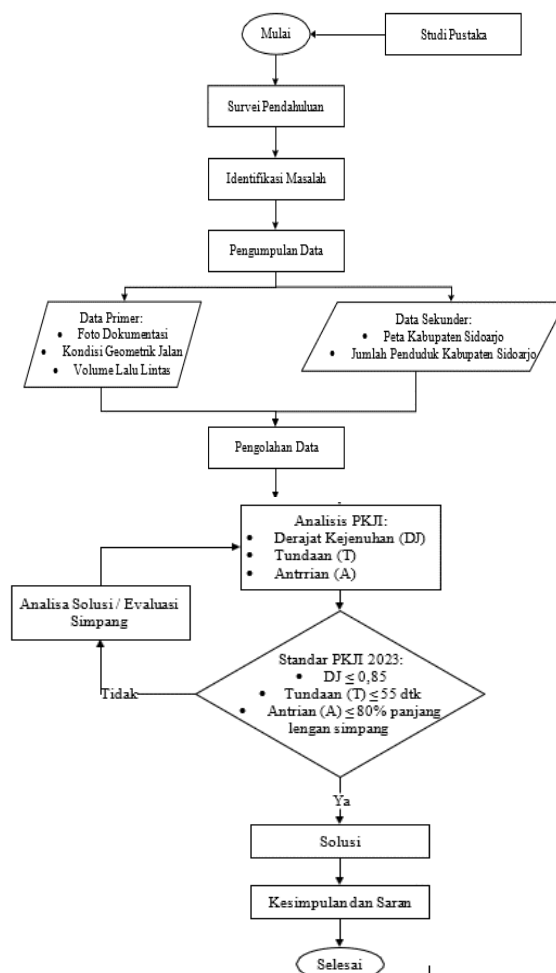
3.1 Lokasi Penelitian

Jl. Raya Krian No.18, Magersari, Krian, Kec. Krian, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61262



Gambar 1. Lokasi penelitian
Sumber: Data lapangan, 2026

3.2 Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan alir penelitian

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam studi analisis ini diklasifikasikan menjadi dua kategori utama:

1. Data Primer: Diperoleh secara langsung melalui survei lapangan oleh tim surveyor. Data primer meliputi: survei inventarisasi geometrik simpang (menggunakan meteran laser untuk mengukur lebar lajur efektif, lebar trotoar, dan radius tikungan); survei pencacahan volume lalu lintas (traffic counting) yang mencatat jumlah kendaraan per 15 menit berdasarkan klasifikasi jenis kendaraan; survei hambatan samping mencatat frekuensi kendaraan parkir, PKL, pedestrian, dan kendaraan lambat; serta survei kondisi eksisting durasi lampu hijau, merah, dan kuning pada APILL.
2. Data Sekunder: Diperoleh dari instansi eksternal pendukung, meliputi data jumlah penduduk Kecamatan Krian dari BPS Sidoarjo, peta jaringan jalan digital dari Google Earth, serta laporan regulasi lalu lintas dari Dinas Perhubungan Sidoarjo.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data Karakteristik Geometrik dan Volume Arus Eksisting

Berdasarkan hasil pengukuran geometrik eksisting di lapangan, lebar lajur efektif lajur pendekat pada Simpang Lima Krian bervariasi antara 3,0 meter hingga 4,5 meter. Dimensi ini dinilai sangat sempit untuk mengakomodasi karakteristik pergerakan kendaraan campuran. Hasil rekapitulasi data survei pencacahan lalu lintas menunjukkan bahwa fluktuasi arus kendaraan mencapai titik tertinggi pada jam puncak sore pukul 16.00 - 17.30 WIB pada hari Senin.

Komposisi arus lalu lintas secara umum didominasi oleh sepeda motor (SM) sebesar 68%, kendaraan ringan (KR) sebesar 24%, dan kendaraan berat (KB) sebesar 8%. Berdasarkan data tiap pendekat, total arus diperoleh dari $985 + 840,85 + 1.158 + 624 + 624,375 = 4.232,225$ smp/jam, yang dibulatkan menjadi 4.232 smp/jam. Beban tertinggi berasal dari Jl. Basuki Rahmat (1.158 smp/jam), Jl. Imam Bonjol (985 smp/jam), dan Jl. Bypass Krian (840,85 smp/jam).

4.2 Kinerja Operasional Simpang Kondisi Eksisting

Evaluasi manual menggunakan PKJI 2023 dan simulasi komputer VISSIM pada kondisi operasional eksisting menunjukkan penurunan kinerja yang sangat parah. Besarnya volume arus kendaraan telah melampaui kapasitas tampung geometrik, sedangkan waktu siklus APILL eksisting sebesar 81 detik dan pembagian waktu hijau efektif belum sebanding dengan beban masing-masing pendekat. Kondisi tersebut menyebabkan nilai Derajat Kejenuhan (DJ) pada lajur pendekat utama berada di atas angka 1,15.

Lebar lajur pendekat eksisting di Simpang Lima Krian bervariasi: Jl. Imam Bonjol (5m), Jl. Bypass Krian (4m), Jl. Basuki Rahmat (5m), Jl. Moh. Yamin (4m), dan Jl. Ki Hajar Dewantara (5m). Survei arus lalu lintas pada jam puncak menunjukkan volume kendaraan total yang dikonversi ke satuan mobil penumpang (smp) sangat tinggi:

Tabel 1. Arus Lalu Lintas Simpang

Nama Pendekat	Arus Lalu Lintas (Q) - smp/jam
Jl. Imam Bonjol	985
Jl. Bypass Krian	840,85
Jl. Basuki Rahmat	1.158
Jl. Moh. Yamin	624
Jl. Ki Hajar Dewantara	624,375

A. Arus Jenuh (S) dan Kapasitas (C)

Arus jenuh dasar (S_0) untuk pendekat dengan lebar efektif 5 m ditetapkan sebesar 3000 smp/jam. Setelah dikalikan dengan faktor koreksi hambatan samping ($F_{HS} = 0,871$), faktor ukuran kota ($F_{UK} = 1,0$), rasio belok kiri ($F_{BKl} = 0,966$), dan belok kanan ($F_{BKk} = 1,0975$), diperoleh Arus Jenuh (S):

$$S = S_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_{BKl} \times F_{BKk}$$

$$S = 3000 \times 0,871 \times 1,0 \times 0,966 \times 1,0975$$

$$= 2.770,26 \text{ smp/jam}$$

Kapasitas (C) ditentukan berdasarkan waktu siklus ($c = 81$ detik) dan waktu hijau efektif ($g = 20$ detik):

$$C = S \times (g/c) = 2.770,26 \times (20/81) = 684 \text{ mp/jam}$$

B. Derajat Kejenuhan (DJ) dan Panjang Antrean (PA)

Derajat Kejenuhan dihitung dari rasio Volume (Q) terhadap Kapasitas (C):

$$DJ = Q / C = 985 / 684 = 1,44$$

Nilai DJ = 1,44 menunjukkan pendekat telah jenuh ($DJ > 0,85$). Jumlah antrean total (NQ) terdiri dari antrean sisa fase sebelumnya (NQ1) dan antrean yang datang selama fase merah (NQ2). Berdasarkan perhitungan PKJI, diperoleh nilai NQ total = 46,04 smp. Dengan luas rata-rata per smp 20 m², panjang antrean (PA) adalah:

$$PA = (NQ \times 20) / \text{Lebar Masuk} = (46,04 \times 20) / 5$$

$$= 184,1 \text{ meter}$$

C. Tundaan (T) dan Tingkat Pelayanan (LOS)

Tundaan total (T) merupakan akumulasi dari tundaan lalu lintas (TL = 277,92 detik) dan tundaan geometrik (TG = 4,56 detik):

$$T = TL + TG = 277,92 + 4,56 = 282,48 \text{ detik/smp}$$

Kondisi ini mengindikasikan bahwa lajur jalan telah mengalami kelebihan beban (overloaded). Tundaan kendaraan rata-rata mengalami pembengkakan yang sangat ekstrem, di mana pengemudi harus tertahan di persimpangan hingga ratusan detik untuk dapat melintas. Nilai Tingkat Pelayanan Jalan (LOS) eksisting untuk seluruh lengan pendekat persimpangan secara mutlak berada pada kategori LOS F (Macet Total).

4.3 Tiga Solusi Penanganan: Rambu, APILL, dan pelebaran Jalan

Penanganan kemacetan pada Simpang Lima Krian tidak cukup dilakukan dengan satu tindakan. Berdasarkan kondisi hambatan samping, pembagian waktu sinyal, dan keterbatasan lebar pendekat, penelitian merumuskan tiga solusi yang saling melengkapi, yaitu penambahan rambu larangan, penyesuaian waktu siklus APILL, dan pelebaran geometrik jalan.

1. Penambahan Rambu Larangan Parkir dan Berhenti.

Rambu dilarang parkir dan dilarang berhenti ditempatkan pada kelima lengan, yaitu Jl. Imam Bonjol, Jl. Bypass Krian, Jl. Basuki Rahmat, Jl. Moh. Yamin, dan Jl. Ki Hajar Dewantara. Berdasarkan acuan pada dokumen skripsi, area larangan parkir dipertahankan sekurang-kurangnya 25 meter sebelum dan sesudah persimpangan, sedangkan area larangan berhenti sekurang-kurangnya 5 meter sebelum dan sesudah persimpangan. Pemasangan rambu perlu didukung marka tepi

atau marka larangan serta penertiban agar bahu jalan tidak kembali digunakan sebagai tempat parkir atau menaikkan dan menurunkan penumpang.

Secara operasional, solusi rambu tidak menambah lebar fisik jalan, tetapi menjaga lebar efektif pendekat tetap dapat digunakan oleh arus lalu lintas. Ruang bebas di sekitar mulut simpang memperbaiki jarak pandang, menyediakan ruang gerak kendaraan yang membelok, mengurangi hambatan samping, dan mencegah antrean terputus oleh kendaraan yang berhenti di bahu jalan. Dengan demikian, kapasitas yang telah dihitung tidak berkurang akibat penggunaan badan jalan untuk parkir dan berhenti.

2. Penyesuaian Waktu Siklus APILL.

Perhitungan kondisi eksisting menggunakan waktu siklus 81 detik. Pada kondisi rencana, siklus diubah menjadi 120 detik dan waktu hijau efektif dibagikan menurut beban arus tiap pendekat. Waktu hijau yang digunakan dalam perhitungan adalah 45 detik untuk Jl. Imam Bonjol, 39 detik untuk Jl. Bypass Krian, 45 detik untuk Jl. Basuki Rahmat, 39 detik untuk Jl. Moh. Yamin, dan 26 detik untuk Jl. Ki Hajar Dewantara. Pembagian ini dimaksudkan agar pendekat dengan arus lebih besar memperoleh waktu pelayanan yang lebih memadai.

Pengaruh penyesuaian APILL terhadap kapasitas dihitung melalui persamaan $C = S \times (g/c)$, sehingga perubahan waktu hijau efektif (g) dan waktu siklus (c) langsung memengaruhi kemampuan pendekat melayani kendaraan. Pengaturan fase juga memisahkan pergerakan yang berkonflik, mengurangi waktu tunggu yang tidak produktif, dan mencegah antrean dari satu lengan menutup pergerakan lengan lainnya. Diagram waktu APILL rencana ditampilkan pada Gambar 2.

3. Pelebaran Jalan Sebesar 1 Meter.

Pelebaran dilakukan dengan memanfaatkan ruang bahu jalan atau ruang milik jalan (Rumija) yang tersedia. Lebar Jl. Imam Bonjol dinaikkan dari 5 meter menjadi 6 meter, Jl. Bypass Krian dari 4 meter menjadi 5 meter, Jl. Basuki Rahmat dari 5 meter menjadi 6 meter, Jl. Moh. Yamin dari 4 meter menjadi 5 meter, dan Jl. Ki Hajar Dewantara dari 5 meter menjadi 6 meter. Penambahan lebar efektif

meningkatkan arus jenuh dasar, arus jenuh terkoreksi, dan kapasitas masing-masing pendekat.

Sebagai contoh, pada Jl. Imam Bonjol arus jenuh dasar meningkat dari 3.000 smp/jam menjadi 3.600 smp/jam. Setelah faktor koreksi diterapkan, diperoleh arus jenuh baru 3.652,05 smp/jam dan kapasitas 1.369,5 smp/jam. Nilai DJ turun menjadi 0,719, panjang antrean menjadi 96,26 meter, dan tundaan menjadi 38,43 detik/smp dengan LOS C. Pada pendekat lainnya, tundaan setelah solusi tercatat 55,80 detik/smp pada Jl. Bypass Krian, 55,81 detik/smp pada Jl. Basuki Rahmat, 41,61 detik/smp pada Jl. Moh. Yamin, dan 57,94 detik/smp pada Jl. Ki Hajar Dewantara, yang berada pada LOS D.

4.4 Arus Jenuh Baru (S') dan Kapasitas Baru (C')

Dengan bertambahnya lebar jalan, Arus Jenuh Dasar (S_0) naik menjadi 3600 smp/jam. Perhitungan Arus Jenuh baru:

$S' = 3600 \times 0,871 \times 1,0 \times 0,966 \times 1,205 = 3.652,05$ smp/jam, Dengan optimasi waktu siklus $c = 120$ detik, waktu hijau untuk Jl. Imam Bonjol direlokasi menjadi $g = 45$ detik. Kapasitas baru menjadi:

$C' = S' \times (g/c) = 3.652,05 \times (45/120) = 1.369,5$ smp/jam

4.5 Derajat Kejenuhan (DJ') dan Tundaan Baru (T')

Lonjakan kapasitas menurunkan derajat kejenuhan secara sangat drastis:

$DJ' = 985 / 1.369,5 = 0,719$

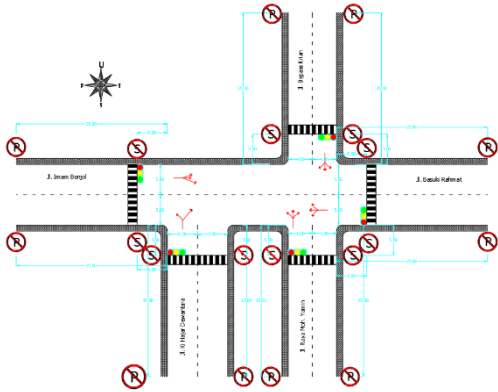
Karena nilai $DJ' < 0,85$, panjang antrean menyusut drastis menjadi $PA = 96,26$ meter. Perhitungan Tundaan Baru (T'): Tundaan Lalu Lintas (TL) turun menjadi 34,14 detik, dan Tundaan Geometrik (TG) menjadi 4,29 detik. Skenario fisik ini diaplikasikan dengan cara mengoptimalkan ruang trotoar tepi jalan yang berlebih atau memanfaatkan bahu jalan milik Rumija (Right of Way). Secara teoritis berbasis PKJI 2023, penambahan lebar lajur 1 meter ini akan meningkatkan nilai arus jenuh dasar (S_0) lajur secara signifikan, yang secara linier mendongkrak kapasitas efektif (C) pendekat simpang.

Ketiga solusi tersebut bekerja secara terpadu. Rambu menjaga ruang pendekat

bebas dari parkir dan kendaraan berhenti, APILL membagi hak jalan sesuai kebutuhan arus, sedangkan pelebaran meningkatkan kapasitas fisik pendekat. Rambu rencana ditampilkan pada Gambar 4, sedangkan perubahan geometrik dan waktu sinyal menjadi dasar perhitungan kinerja kondisi rencana.



Gambar 3. Siklus Apill Rencana
Sumber: Data Pribadi, 2026



Gambar 4. Rambu Rencana
Sumber: Data Pribadi, 2026

4.6 Analisis Evaluasi Komparatif Kinerja Sebelum vs Sesudah Solusi

Penerapan rambu larangan parkir dan berhenti berfungsi sebagai pengendalian operasional untuk menjaga lebar efektif pendekat. Sementara itu, pengaruh pelebaran jalan 1 meter dan penyesuaian APILL menjadi 120 detik dianalisis secara kuantitatif dan disimulasikan di dalam program PTV VISSIM. Hasil perubahan indikator operasional menunjukkan perbaikan yang signifikan. Peningkatan lebar efektif dan pembagian waktu hijau menurunkan Derajat Kejenuhan (DJ), memotong tundaan kendaraan, dan mengurangi panjang antrian. Berdasarkan klasifikasi kinerja, Tingkat Pelayanan Jalan (LOS) Simpang Lima Krian meningkat dari LOS F menjadi LOS C dan LOS D.

Berikut disajikan tabel rekapitulasi kinerja operasional antara kondisi eksisting dan kondisi setelah penerapan pelebaran jalan serta optimasi APILL. Pemasangan rambu menjadi

tindakan pendukung agar kapasitas hasil perencanaan tetap terjaga di lapangan:

Tabel 2. Arus Lalu Lintas Setelah Perencanaan

Nama Pendekat Lengan Simpang	Derajat Kejenuhan (DJ) Eksisting	Tundaan Eksisting (detik/smp)	LOS Eksisting	Tundaan Setelah Solusi (detik/smp)	LOS Setelah Solusi
Jl. Basuki Rahmat (Utara)	1,18	427,94	F	55,81	D
Jl. Moh. Yamin (Selatan)	1,04	371,72	F	41,61	D
Jl. Raya Krian-Magersari (Timur)	1,12	636,92	F	55,80	D
Jl. Ki Hajar Dewantara (Barat Daya)	1,02	205,20	F	57,94	D
Jl. Imam Bonjol (Barat)	1,14	282,47	F	38,43	C
Rata-rata Total Simpang	1,10	384,85	F	49,92	D

Berdasarkan rincian angka komparasi pada Tabel 2 di atas, terlihat nyata efektivitas skenario redesain geometrik lajur. Pendekat Jalan Raya Krian-Magersari (Timur) yang pada mulanya mengalami kemacetan paling parah dengan tundaan raksasa mencapai 636,92 detik per kendaraan berhasil dipangkas secara drastis hingga bersisa hanya sebesar 55,80 detik per kendaraan, sehingga status pelayanannya meroket dari LOS F menjadi LOS D. Hal yang sama juga terjadi pada lajur pendekat Jalan Imam Bonjol (Barat) yang mengalami perbaikan performa paling optimal, di mana nilai tundaan rata-rata kendaraan menyusut tajam hingga mencapai angka 38,43 detik per kendaraan, menempatkan lajur ini ke dalam kategori Tingkat Pelayanan Jalan LOS C. Keberhasilan perbaikan operasional lalu lintas secara menyeluruh ini membuktikan secara empiris bahwa penambahan ruang geometrik jalan efektif menaikkan daya tampung kendaraan lajur, sementara pemotongan durasi siklus APILL menjadi 120 detik mempercepat pergantian hak jalan, menghilangkan stagnasi antrian kendaraan campuran, serta mewujudkan kelancaran transportasi di kawasan Krian.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan tahapan pengumpulan data lapangan, analisis empiris menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023), serta pengujian visual permodelan mikrosimulasi perangkat lunak PTV VISSIM pada objek studi Simpang Lima Krian, Kabupaten Sidoarjo, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan pokok sebagai berikut:

1. Karakteristik volume arus lalu lintas yang membebani Simpang Lima Krian Magersari pada jam puncak sore hari sangat padat dengan akumulasi total mencapai 4.232 smp/jam, didominasi oleh sepeda motor (68%) dan kendaraan ringan (24%). Arus lalu lintas tertinggi berada pada lajur pendekat Jl. Basuki Rahmat (1.158 smp/jam) dan Jl. Imam Bonjol (985 smp/jam). Tingginya volume ini diperparah oleh penyempitan lajur geometrik jalan eksisting serta tingginya kelas hambatan samping akibat aktivitas pertokoan komersial dan pasar tradisional.
2. Evaluasi kinerja operasional pada kondisi eksisting (baseline) menunjukkan status persimpangan berada pada tingkat pelayanan yang sangat kritis dan gagal. Nilai Derajat Kejenuhan (DJ) lajur pendekat utama melebihi angka 1,10 (di atas batas aman nasional 0,85) dengan nilai tundaan rata-rata persimpangan mencapai pembengkakan sebesar 384,85 detik per kendaraan. Berdasarkan standar Kementerian Perhubungan, Tingkat Pelayanan Jalan eksisting secara keseluruhan dinilai berada pada level LOS F (Macet Total).
3. Tiga solusi penanganan yang direkomendasikan meliputi pemasangan rambu larangan parkir dan berhenti pada setiap pendekat, pelebaran lajur sebesar 1 meter, serta penyesuaian waktu siklus APILL dari 81 detik menjadi 120 detik. Rambu berfungsi mempertahankan lebar efektif dan mengurangi hambatan samping, sedangkan kombinasi pelebaran dan optimasi APILL menghasilkan penurunan tundaan rata-rata total simpang menjadi 49,92 detik per kendaraan serta meningkatkan tingkat pelayanan dari LOS F menjadi LOS C dan LOS D.
2. Dinas Perhubungan Kabupaten Sidoarjo bersama dengan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang diharapkan dapat segera mengimplementasikan program pelebaran geometrik lajur pendekat persimpangan sebesar 1 meter secara nyata di lapangan memanfaatkan sisa ruang milik jalan (Rumija) serta melakukan pengesetan ulang (re-programming) durasi siklus waktu APILL menjadi 120 detik.
3. Perlu dilakukan penertiban, penataan, dan penegakan regulasi yang tegas terhadap aktivitas hambatan samping di sekitar persimpangan, seperti melarang aktivitas Pedagang Kaki Lima (PKL) yang berjualan di bahu lajur, serta melakukan pemasangan rambu larangan berhenti dan dilarang parkir sembarangan dalam radius minimal 25 meter dari mulut persimpangan demi menjaga kapasitas lajur jalan tetap efektif.
4. Bagi peneliti selanjutnya yang ingin mengembangkan studi ini, disarankan untuk memperluas ruang lingkup analisis dengan menghitung aspek kelayakan finansial/anggaran biaya konstruksi (RAB) pembebanan jalan, menganalisis emisi gas buang kendaraan akibat tundaan, atau menggunakan variasi perangkat lunak simulasi makroskopis-mikroskopis lainnya untuk memperkaya studi komparatif rekayasa transportasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alamsyah, R. (2005). Transportasi dan Manajemen Lalu Lintas. Jakarta: Erlangga.
- [2] Bakhtiar, A. (2022). *Analisis Kemacetan di Kawasan Perkotaan: Studi Kasus Kota Jakarta*. Bandung: Pustaka Teknik.
- [3] Departemen Perhubungan Provinsi Jawa Timur. (2011). Laporan Analisis Kapasitas dan Volume Lalu Lintas Jalan Raya Krian-Magersari. Surabaya: Dinas Perhubungan.
- [4] Dinas Perhubungan Kabupaten Sidoarjo. (2023). Studi Manajemen Lalu Lintas di
- [5] Lima Krian. Sidoarjo: Dishub Sidoarjo.
- [6] Hobbs, F. D. (1995). Traffic Planning and Engineering. New York: Pergamon Press.
- [7] Ingsih, I. S. (2023). Pengaruh Tata Guna Lahan Terhadap Bangkitan dan Tarikan
- [8] Perjalanan. Jurnal Teknik Sipil dan

5.2 Saran

1. Untuk menindaklanjuti hasil temuan ilmiah dalam penelitian ini, diajukan beberapa rekomendasi saran teknis operasional bagi pihak pemangku kebijakan terkait:

- Perencanaan.
- [9] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2023). Pedoman Kapasitas
 - [10] Khisty, C. J. (2005). *Transportation Engineering: An Introduction*. New Jersey: Prentice Hall.
 - [11] Misdalena, S. (2019). Evaluasi kinerja simpang bersinyal Flyover Jakabaring, Palembang menggunakan MKJI dan VISSIM. *Jurnal dan Perkotaan*, 5(3), 112-126.
 - [12] Munawar, A. (2004). *Rekayasa Lalu Lintas dan Manajemen Transportasi*. Yogyakarta:UGM Press.
 - [13] Rahmawati, A. (2022). Integrasi Metode Manual dan Mikrosimulasi PTV VISSIM pada Simpang Bersinyal. *Jurnal Transportasi*.
 - [14] Wiedemann, R. (1974). *Simulation des Straßenverkehrsflusses. Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe*.