

Evaluasi Peningkatan Kinerja Kapasitas Simpang Menggunakan PKJI 2023

Studi Kasus: Jalan Raya Sukabumi - Cisaat dan Jalan Cibaraja

Dio Damas Permadi *, Ardin Rozandi, Muhammad Hidayat, Lulu Ayu Indriani,
Lioba Evita Anikusuma

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Nusa Putra, Sukabumi
[*dio.permadi@nusaputra.ac.id](mailto:dio.permadi@nusaputra.ac.id)

Diajukan: 31 Mei 2025, Revisi: 21 Juni 2025, Diterima: 30 Juni 2025

Abstract

The intersection of Sukabumi–Cisaat Road and Cibaraja Road, located in a commercial area, frequently experiences traffic congestion, long queues, and delays due to its near-maximum capacity. This study aims to analyze the intersection’s performance and evaluate two solution alternatives: road widening (Alternative I) and development into a signalized intersection (Alternative II). The results show that Alternative I increased the intersection capacity from 2286.469 pcu/hour to 2659.799 pcu/hour, reduced delays from 16.25 sec/pcu to 13.3957 sec/pcu, and improved the level of service from E to C. In contrast, although Alternative II reduced the degree of saturation from 0.922 to 0.86 and improved the level of service to D, it also significantly decreased capacity and increased delays up to 51 sec/pcu. Therefore, road widening as proposed in Alternative I is considered more effective in improving traffic performance at the intersection.

Keywords: Intersection Performance, Signalized Intersection, Road Capacity, Degree of Saturation, Level of Service

Abstrak

Persimpangan Jalan Sukabumi–Cisaat dan Jalan Cibaraja merupakan kawasan komersial yang kerap mengalami permasalahan lalu lintas seperti kemacetan, antrian panjang, dan tundaan akibat kapasitas simpang yang hampir mencapai batas maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang dan mengevaluasi dua alternatif solusi, yaitu pelebaran badan jalan (Alternatif I) serta pengembangan menjadi simpang bersinyal (Alternatif II). Hasil analisis menunjukkan bahwa Alternatif I meningkatkan kapasitas simpang dari 2286,469 smp/jam menjadi 2659,799 smp/jam, menurunkan tundaan dari 16,25 det/smp menjadi 13,3957 det/smp, dan meningkatkan tingkat pelayanan dari E ke C. Sementara itu, pada Alternatif II, meskipun derajat kejenuhan menurun dari 0,922 menjadi 0,86 dan tingkat pelayanan naik ke D, kapasitas simpang justru menurun dan tundaan meningkat hingga 51 det/smp. Berdasarkan hasil tersebut, pelebaran badan jalan pada Alternatif I dinilai lebih efektif dalam meningkatkan kinerja lalu lintas di kawasan simpang tersebut.

Kata Kunci: Kinerja Simpang, Simpang Bersinyal, Kapasitas Jalan, Derajat Kejenuhan, Tingkat Pelayanan

1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan salah satu komponen vital dalam pembangunan infrastruktur yang mendukung aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat. Permasalahan transportasi, khususnya lalu lintas jalan, sering timbul akibat ketidakseimbangan antara pertumbuhan volume kendaraan dengan kapasitas prasarana jalan yang tersedia. Hal ini menyebabkan peningkatan kemacetan, kecelakaan lalu lintas, serta antrian panjang pada berbagai ruas jalan (Nisa et al., 2024; Lazuardi et al., 2024).

Permasalahan lalu lintas juga kerap ditemukan pada persimpangan, yang berfungsi sebagai titik temu antara dua atau lebih ruas jalan. Persimpangan menjadi elemen krusial dalam jaringan jalan karena seringkali menjadi sumber konflik lalu lintas akibat pertemuan arus yang tidak teratur, terutama di kawasan padat aktivitas seperti pusat perbelanjaan, rumah sakit, dan area perdagangan (Azahra et al., 2024; Lestari et al., 2023). Pada simpang tak bersinyal, ketidakteraturan pergerakan kendaraan diperparah oleh aktivitas parkir di badan jalan dan naik-turun penumpang angkutan umum yang mengganggu kelancaran lalu lintas (Syaifullah et al., 2024; Zulkarnaen et al., 2024).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi kinerja simpang dan jalan, serta mencari solusi yang dapat meningkatkan pelayanan lalu lintas. Nisa et al. (2024) misalnya, menganalisis kinerja simpang tak bersinyal dan merekomendasikan penghapusan hambatan samping sebagai langkah perbaikan. Sementara itu, Pranata et al. (2023) melakukan analisis kapasitas simpang bersinyal menggunakan PKJI 2023 dan berhasil menunjukkan pentingnya penentuan lebar efektif pendekatan dalam meningkatkan kapasitas. Lazuardi et al. (2024) mengidentifikasi tingginya derajat kejenuhan pada ruas Jalan Padat Karya–Jalan Sumatera yang mencapai LOS E, sehingga memerlukan pelebaran jalan.

Selain itu, studi oleh Adipradhana et al. (2024) dan Irhamni et al. (2024) menunjukkan penerapan PKJI 2023 pada evaluasi simpang bersinyal dapat menjadi alat penting dalam perencanaan optimasi waktu siklus sinyal lalu lintas, guna mengurangi panjang antrian dan tundaan. Penelitian lain yang relevan dilakukan oleh Syaifullah et al. (2024) yang menggabungkan metode PKJI 2023 dan simulasi VISSIM untuk menilai kinerja simpang empat tak bersinyal, menemukan bahwa pelebaran geometrik secara signifikan dapat menurunkan derajat kejenuhan.

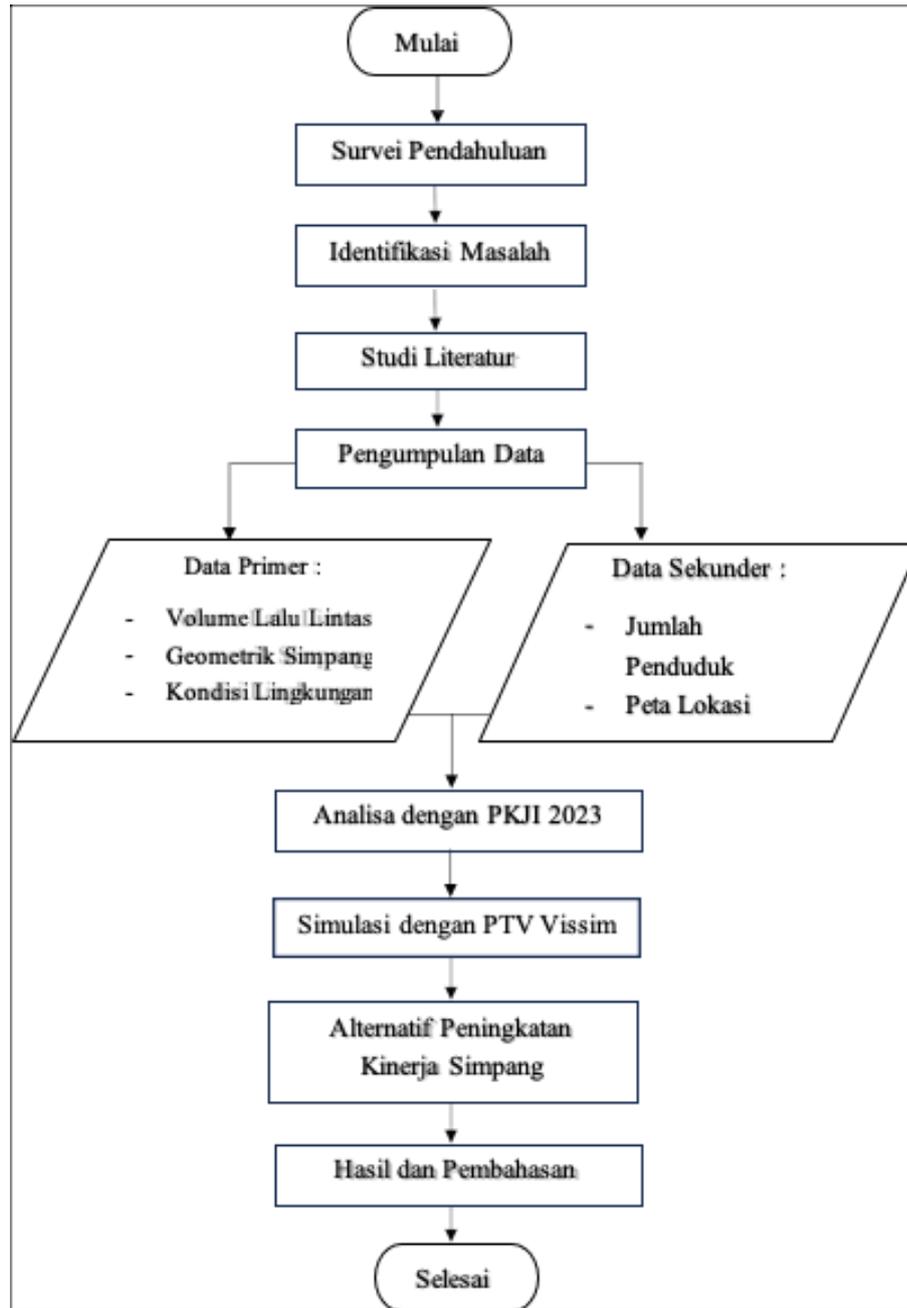
Kajian pada ruas jalan juga tidak kalah penting. Azahra et al. (2024) dan Maulana et al. (2024) menyoroti perlunya evaluasi ruas jalan di kawasan pasar tradisional yang rawan hambatan samping. Temuan mereka memperkuat argumen bahwa perencanaan kapasitas jalan harus mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang memengaruhi kecepatan dan kapasitas efektif.

Berdasarkan gap yang ditemukan dari penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini secara khusus bertujuan untuk mengevaluasi kinerja simpang tiga tak bersinyal di Jalan Raya Sukabumi–Cisaat dan Jalan Cibaraja menggunakan PKJI 2023, serta mengkaji dua solusi alternatif: (1) pelebaran simpang, dan (2) kombinasi pelebaran simpang dengan pengembangan simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang aplikatif bagi pemerintah daerah dalam penataan lalu lintas dan peningkatan kapasitas simpang di masa mendatang.

2. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di persimpangan Jl Raya Cisaat-Sukabumi dan Jl Cibaraja, Kabupaten Sukabumi. Simpang ini memiliki 3 lengan dan tidak terdapat traffic light.

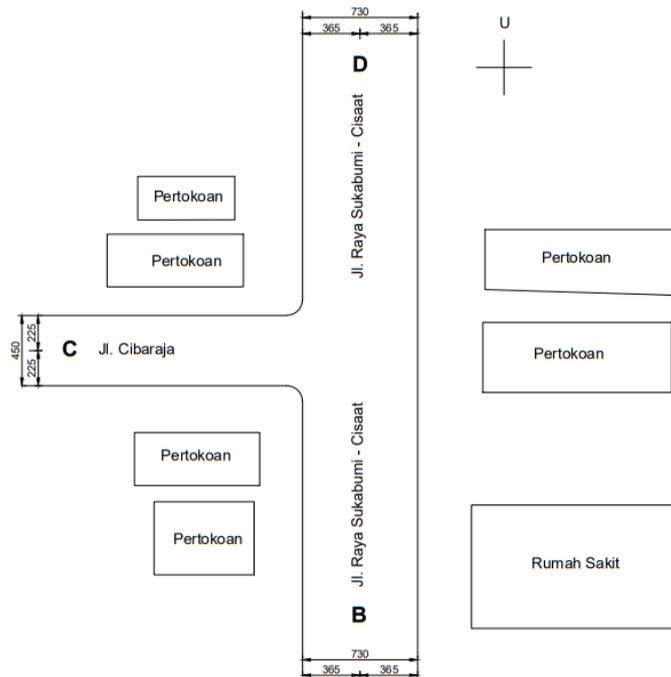


Gambar 2 Bagan Alir Metode Penelitian (Sumber : Data Olahan)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Masukan

Dari hasil pengamatan dan pengukuran di lokasi penelitian yaitu persimpangan Jl. Raya Sukabumi - Jl. Cisaat dan Jl. Cibaraja diperoleh lebar jalur Jalan Cibaraja arah Barat sebagai jalan minor sebesar 4,5 m, lebar jalur Jalan Cisaat – Sukabumi arah Utara sebagai jalan mayor/utama sebesar 7,3 m dan Jalan Cisaat – Sukabumi arah Selatan sebagai jalan mayor/utama sebesar 7,3 m.



Gambar 3 Kondisi Geometrik (Sumber : Autocad 2017)

Pada simpang ini tidak terdapat median dan bahu jalan, serta tidak dengan fasilitas berupa rambu lalu lintas yang berguna untuk pengaturan lalu lintas dan keamanan pengendara seperti tanda stop dan lampu lalu lintas. Survei yang dilakukan meliputi pengukuran lebar tiap lengan simpang, penentuan lebar pendekatan, pengukuran bahu jalan jika ada dan pencatatan fasilitas

B. Kondisi Lingkungan

a. Kelas Ukuran Kota

Berdasarkan data dari Dinas Pencatatan Sipil Kota Sukabumi, jumlah penduduk dari Kecamatan yang berada di ruang lingkup lokasi penelitian yang terdiri dari Kecamatan Cisaat, Kecamatan Kadudampit, Kecamatan Cicantian, Kecamatan Gunung Guruh dan Kecamatan Caringin berjumlah 357,518 jiwa atau 0,357 juta jiwa. Data jumlah penduduk tersebut digunakan untuk menentukan ukuran kota yang sesuai dengan PKJI 2023, dengan demikian Jl Cisaat – Sukabumi dan Jl Cibaraja dikategorikan sebagai kota kecil.

b. Tipe Lingkungan Jalan

Setelah dilakukan pengamatan di tempat penelitian, maka diambil kesimpulan bahwa Jl. Cisaat – Sukabumi dan Jl. Cibaraja termasuk kedalam tipe jalan komersial karena lahan pada jalan tersebut digunakan untuk kepentingan komersial seperti pertokoan, rumah sakit, perkantoran dan digunakan sebagai jalan masuk langsung baik bagi pengguna jalan kaki maupun kendaraan

c. Kelas Hambatan Samping

Hambatan samping pada Jl Cisaat – Sukabumi dan Jl Cibaraja tergolong tinggi di karenakan arus masuk dan keluar simpang terganggu dan berkurang akibat aktivitas di samping jalan seperti aktivitas naik dan turun dari angkutan umum, pejalan kaki dan pedagang kaki lima yang berada di sepanjang jalan.

C. Data Volume Lalu Lintas

Pada pengambilan data volume lalu lintas survei dilakukan selama 3 tiga hari yaitu hari Senin 24 Juli 2023, Rabu 26 Juli 2023 dan Sabtu 29 Juli 2023. Penelitian ini mengambil data arus lalu lintas dari tiga jenis kendaraan yaitu Kendaraan Sedang (KS), Mobil Penumpang (MP) dan Sepeda Motor (SM). Volume lalu lintas dicatat per 15 menit agar mendapatkan data yang lebih akurat, kemudian diolah menjadi volume lalu lintas tiap jam. Setelah didapatkan data volume lalu lintas untuk tiap jam (smp/jam) dari periode pengamatan (pagi jam 06.00 – 09.00, siang jam 11.00 – 14.00 dan sore jam 16.00 – 19.00) masing – masing untuk hari Senin, Rabu dan Sabtu, maka selanjutnya yaitu menjumlahkan seluruh data volume lalu lintas dari masing – masing pergerakan pada setiap lengan simpang. Dari hasil data keseluruhan tersebut, maka untuk menentukan waktu sibuk yaitu dengan memilih volume lalu lintas terbanyak pada setiap periode (pagi jam 06.00 – 09.00, siang jam 11.00 – 14.00 dan sore jam 16.00 – 19.00). Berikut hasil volume lalu lintas pada jam puncak tertinggi pada setiap hari :

- Hari Senin, 24 Juli 2023 volume lalu lintas tertinggi pada pukul 16.00 – 17.00 dengan jumlah kendaraan sebesar 5080 smp/jam
- Hari Rabu, 26 Juli 2023 volume lalu lintas tertinggi pada pukul 07.00 – 08.00 dengan jumlah kendaraan sebesar 5801 smp/jam.
- Hari Sabtu, 29 Juli 2023 volume lalu lintas tertinggi pada pukul 16.00 – 17.00 dengan jumlah kendaraan sebesar 6485 smp/jam.

Hasil keseluruhan volume lalu lintas terlampir pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Hasil Keseluruhan Volume Lalu Lintas

Periode	Senin, 24 Agustus 2023	Rabu, 26 Agustus 2023	Sabtu, 29 Agustus 2023
06.00 - 07.00	4357	4058	3234
07.00 - 08.00	4602	5801	4135
08.00 - 09.00	3242	3442	3491
11.00 - 12.00	2962	2595	5594
12.00 - 13.00	2890	2942	3903
13.00 - 14.00	3282	3548	4468
16.00 - 17.00	5080	4422	6485
17.00 - 18.00	3769	4942	4664
18.00 - 19.00	3162	3834	4103
Jumlah	33346	35584	40077

Tabel 1 yang ditandai dengan warna kuning merupakan volume tertinggi dari masing-masing waktu pelaksanaan. Berdasarkan tabel diatas, volume jam puncak pada Jl. Cisaat – Sukabumi dan Jl. Cibaraja diambil data tertinggi yaitu pada hari Sabtu 29 Juli 2023 pukul 16.00 – 17.00 WIB dengan jumlah kendaraan sebesar 6485 smp/jam.

D. Perhitungan Kapasitas Simpang

Kapasitas Simpang (C) dihitung untuk total arus yang masuk dari seluruh lengan Simpang dan didefinisikan sebagai perkalian antara kapasitas dasar (C0) dengan faktor-faktor koreksi yang memperhitungkan perbedaan kondisi lingkungan terhadap kondisi idealnya.

$$C = C_o \times FLP \times FM \times FUK \times FHS \times FBKi \times FBKa \times FRmi \quad (1)$$

$$\begin{aligned} C &= 2700 \times 0.9542 \times 1 \times 0.88 \times 0.93 \times 1.297 \times 0.967 \times 0.923 \\ &= 2289.496 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

E. Perhitungan Kinerja Simpang *existing*

Hasil perhitungan dengan menggunakan PKJI 2023 untuk simpang tiga tak bersinyal Jl. Raya Sukabumi – Cisaat dan Jl. Cibaraja, diperoleh kesimpulan hasil perhitungan sebagai berikut.

1. Volume arus lalu lintas total (QTOT) jalan utama dan minor adalah 2108 smp/jam
2. Nilai kapasitas (C) persimpangan Jl. Raya Sukabumi – Cisaat dan Jl. Cibaraja diperoleh 2286,469 smp/jam
3. Nilai derajat kejenuhan (Dj) sebesar 0,922
4. Peluang antrian sebesar 34% - 67 %
5. Tundaan simpang (T) sebesar 16,25 det/smp
6. Tingkat pelayanan simpang masuk dalam tingkat pelayanan E yaitu dengan Derajat (DJ) sebesar 0,922.

Hasil analisis kinerja simpang tiga tak bersinyal di Jl. Raya Sukabumi – Cisaat dan Jl. Cibaraja menunjukkan bahwa simpang tersebut berada dalam kondisi yang kurang efisien. Dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 0,922 dan tundaan rata-rata 16,25 detik per satuan mobil penumpang, simpang dikategorikan memiliki tingkat pelayanan E, yang berarti berada pada kondisi jenuh dan mendekati kapasitas maksimum. Peluang antrian yang cukup tinggi, yaitu antara 34% hingga 67%, memperkuat indikasi bahwa simpang memerlukan penanganan guna meningkatkan kinerja lalu lintas. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan baik melalui peningkatan kapasitas geometrik maupun pengelolaan arus lalu lintas untuk mengurangi tundaan dan meningkatkan tingkat pelayanan.

F. Penggabungan Alternatif Pelebaran Badan Jalan dan Alternatif Pengembangan Simpang Tak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal (APILL) menggunakan PKJI 2023

Penggabungan antara alternatif pelebaran badan jalan dengan pengembangan simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal (APILL) merupakan pendekatan terpadu yang dirancang untuk mengatasi permasalahan kinerja lalu lintas pada simpang dengan tingkat kejenuhan tinggi. Berdasarkan hasil evaluasi kondisi eksisting menggunakan pedoman PKJI 2023, simpang Jl. Raya Sukabumi – Cisaat dan Jl. Cibaraja menunjukkan kinerja yang kurang optimal dengan tingkat pelayanan berada pada kategori E dan tundaan yang signifikan. Oleh karena itu, pendekatan kombinitif ini ditujukan untuk meningkatkan kapasitas geometrik simpang melalui pelebaran badan jalan sekaligus mengatur arus lalu lintas secara sistematis melalui pengendalian sinyal. Integrasi kedua strategi tersebut diharapkan dapat memberikan dampak yang lebih signifikan terhadap peningkatan efisiensi operasional simpang, khususnya dalam menurunkan nilai tundaan, memperbaiki derajat kejenuhan, serta meningkatkan tingkat pelayanan secara keseluruhan. Evaluasi terhadap alternatif gabungan ini dilakukan secara kuantitatif dengan metode perhitungan berdasarkan PKJI 2023 guna memperoleh hasil analisis yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan secara teknis maupun akademis.

Pada alternatif ini dilakukan perbaikan geometrik simpang melalui pelebaran badan jalan pada masing-masing pendekat sebagai upaya untuk meningkatkan kapasitas simpang. Pelebaran dilakukan dengan mengacu pada ketentuan teknis dalam Peraturan Menteri PUPR No. 19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan. Pendekat mayor, yaitu Jalan Raya Sukabumi arah utara dan selatan, yang semula memiliki lebar 7,3 meter, diperluas dengan penambahan sebesar 3,7 meter sehingga mencapai lebar akhir 11 meter. Sementara itu, pendekat minor, yakni Jalan Cibaraja arah barat, mengalami pelebaran dari 4,5 meter menjadi 9 meter melalui penambahan penuh selebar 4,5 meter. Perubahan ini bertujuan untuk menyesuaikan kapasitas jalur dengan volume lalu lintas aktual serta memperbaiki efisiensi arus kendaraan pada seluruh pendekat simpang.

Untuk keperluan analisis kinerja, digunakan data volume lalu lintas tertinggi yang tercatat pada hari Sabtu, 29 Juli 2023 pada jam puncak sore pukul 16.00–17.00 WIB, dengan total volume kendaraan mencapai 6485 smp/jam. Data ini dipilih karena mewakili kondisi paling kritis selama periode pengamatan dan dianggap paling representatif dalam mencerminkan beban lalu lintas maksimum pada simpang.

Tabel 2 Dimensi Akhir Badan Jalan setelah Pelebaran

Pendekat	Status Jalan	Lebar Awal (m)	Penambahan (m)	Lebar Akhir (m)
Jalan Raya Sukabumi (Utara)	Mayor	7,3	3,7	11,0
Jalan Raya Sukabumi (Selatan)	Mayor	7,3	3,7	11,0
Jalan Cibaraja (Barat)	Minor	4,5	4,5	9,0

Untuk mendukung proses analisis kinerja lalu lintas pada simpang Jl. Raya Sukabumi dan Jl. Cibaraja, diperlukan pemahaman awal mengenai kondisi geometrik dan karakteristik lingkungan simpang secara menyeluruh. Data yang dikumpulkan meliputi jumlah lengan simpang, lebar setiap pendekat, keberadaan median dan bahu jalan, serta kelengkapan fasilitas lalu lintas seperti rambu, marka, dan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL). Selain aspek fisik, karakteristik lingkungan sekitar simpang juga menjadi pertimbangan penting, antara lain berupa klasifikasi kawasan, ukuran kota berdasarkan jumlah penduduk, serta tingkat hambatan samping yang memengaruhi kelancaran arus lalu lintas. Seluruh informasi ini digunakan untuk menentukan nilai faktor koreksi kapasitas sesuai dengan ketentuan PKJI 2023. Rincian lengkap terkait data geometri dan kondisi lingkungan simpang disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3 Data Geometri dan Kondisi Lingkungan Simpang Jl. Raya Sukabumi dan Jl. Cibaraja

Elemen	Pendekat Utara	Pendekat Selatan	Pendekat Barat
Tipe Lingkungan Jalan	Komersial	Komersial	Komersial
Hambatan Samping	Tinggi	Tinggi	Tinggi
Median	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
Belok Kiri Terus	Jalan Tidak	Tidak	Tidak
Lebar Pendekat (m)	5,5	5,5	4,5

Elemen		Pendekat Utara	Pendekat Selatan	Pendekat Barat
Lebar Masuk (m)	Pendekat	5,5	5,5	4,5
Lebar LBKijt (m)	Pendekat	0	0	0
Lebar Keluar (m)	Pendekat	5,5	5,5	4,5

Berdasarkan data geometri dan kondisi lingkungan pada simpang Jl. Raya Sukabumi dan Jl. Cibaraja, diketahui bahwa ketiga pendekat, yaitu arah utara, selatan, dan barat, berada pada tipe lingkungan jalan komersial dengan tingkat hambatan samping tergolong tinggi. Seluruh pendekat tidak memiliki median maupun fasilitas belok kiri langsung (jalan terus), yang berpotensi menambah konflik antar pergerakan kendaraan pada simpang. Lebar pendekat untuk arah utara dan selatan adalah 5,5 meter, sedangkan pendekat barat memiliki lebar 4,5 meter, baik untuk jalur masuk maupun keluar. Tidak terdapat penambahan lebar untuk jalur belok kiri (LBKijt), yang ditunjukkan oleh nilai 0 pada seluruh pendekat. Karakteristik ini menunjukkan bahwa simpang memiliki keterbatasan ruang gerak kendaraan dan rentan terhadap gangguan dari aktivitas samping jalan, sehingga berpengaruh terhadap penurunan kinerja operasional simpang secara keseluruhan.

Untuk mendapatkan gambaran rinci mengenai karakteristik lalu lintas pada simpang Jl. Raya Sukabumi dan Jl. Cibaraja, dilakukan pengumpulan data arus kendaraan berdasarkan jenis kendaraan serta pola pergerakannya pada masing-masing pendekat. Data ini diambil pada saat jam puncak, yaitu hari Sabtu, 29 Juli 2023 pukul 16.00–17.00 WIB, yang merupakan periode dengan volume lalu lintas tertinggi selama pengamatan. Komposisi arus lalu lintas mencakup kendaraan bermotor seperti sepeda motor, mobil penumpang, kendaraan sedang, serta kendaraan tak bermotor. Selain itu, dilakukan pula analisis terhadap rasio belok kanan (RBKA) dan belok kiri (RBKI) pada setiap pendekat untuk mengetahui distribusi arah pergerakan kendaraan. Informasi ini sangat penting sebagai dasar dalam evaluasi kinerja simpang dan perencanaan pengaturan fase sinyal pada alternatif simpang bersinyal. Rincian hasil pengamatan disajikan dalam tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4 Komposisi Arus Lalu Lintas pada Simpang Jl. Raya Sukabumi dan Jl. Cibaraja (Sabtu, 29 Juli 2023, Pukul 16.00–17.00 WIB)

Pendekat	qSM (smp/jam)	qMP (smp/jam)	qKS (smp/jam)	qTOT (smp/jam)	qKTB (smp/jam)
Utara	340,8	283,0	18,2	642,0	1,0
Selatan	214,8	303,0	27,3	545,1	5,0
Barat	277,8	243,0	75,4	596,2	1,0

Tabel 5 Rasio Belok Kiri dan Belok Kanan pada Simpang Jl. Raya Sukabumi dan Jl. Cibaraja

Pendekat	RBKA (QBKA/QKB)	RBKI (QBKI/QKB)
Utara	0,26	0,00
Selatan	0,00	0,14
Barat	0,30	0,70

Berdasarkan data komposisi arus lalu lintas yang diperoleh pada jam puncak hari Sabtu, 29 Juli 2023 pukul 16.00–17.00 WIB, diketahui bahwa pendekatan dengan volume arus tertinggi adalah pendekatan utara dengan total arus sebesar 642,0 smp/jam, disusul pendekatan barat sebesar 596,2 smp/jam, dan pendekatan selatan sebesar 545,1 smp/jam. Jenis kendaraan didominasi oleh sepeda motor dan mobil penumpang pada seluruh pendekatan, sedangkan proporsi kendaraan sedang dan kendaraan tak bermotor relatif kecil. Hal ini mencerminkan karakteristik lalu lintas perkotaan pada kawasan komersial dengan dominasi kendaraan pribadi roda dua dan empat.

Sementara itu, hasil analisis rasio belok menunjukkan bahwa pada pendekatan utara, sebagian kendaraan melakukan belok kanan dengan rasio RBKA sebesar 0,26, namun tidak terdapat kendaraan yang melakukan belok kiri (RBKI = 0). Pendekatan selatan menunjukkan kondisi sebaliknya, yaitu tidak ada belok kanan (RBKA = 0), tetapi terdapat rasio belok kiri sebesar 0,14. Pendekatan barat memiliki nilai rasio belok kanan dan kiri tertinggi, masing-masing sebesar 0,30 dan 0,70, yang mengindikasikan bahwa pendekatan ini menjadi titik konsentrasi pergerakan belok, terutama ke kiri. Pola pergerakan ini penting untuk dianalisis lebih lanjut dalam perencanaan fase sinyal dan penentuan pembagian waktu hijau pada alternatif simpang bersinyal.

Penentuan Waktu Merah Semua (WMS) dilakukan untuk menghindari potensi konflik antara kendaraan dari fase yang berbeda saat terjadi perpindahan lampu lalu lintas. Perhitungan WMS mempertimbangkan tiga komponen utama, yaitu jarak tempuh kendaraan yang keluar dari simpang (LKBR), jarak kendaraan yang datang dari arah konflik (LKDT), dan panjang rata-rata kendaraan yang sedang berbelok (PKBR), dengan asumsi kecepatan kendaraan bermotor sebesar 10 m/detik sebagaimana diatur dalam PKJI 2023 halaman 112–326. Hasil perhitungan WMS untuk tiga pasangan fase menunjukkan bahwa nilai waktu terpanjang yang diperlukan agar kendaraan benar-benar bebas dari area konflik adalah sebesar 1,3 detik, yang terjadi pada pasangan Fase 1 – Fase 2. Untuk menjamin keselamatan dan memberikan toleransi waktu bagi kendaraan agar benar-benar meninggalkan zona konflik sebelum kendaraan dari fase berikutnya mulai bergerak, maka secara konservatif ditetapkan WMS sebesar 1 detik untuk seluruh fase.

Tabel 6 Data Geometrik dan Kecepatan

Pasangan Fase	LKBR (m)	LKDT (m)	PKBR (m)	VKBR (m/dt)	VKDT (m/dt)
Fase 1 – Fase 2	9	9	5	10	10
Fase 2 – Fase 3	8	9	5	10	10
Fase 3 – Fase 1	9	8	5	10	10

Tabel 7 Hasil Perhitungan WMS

Pasangan Fase	Perhitungan WMS (detik)	WMS Dibulatkan
Fase 1 – Fase 2	$(9/10) + (9/10) - (5/10) = 0,9 + 0,9 - 0,5 = 1,3$	1 detik
Fase 2 – Fase 3	$(8/10) + (9/10) - (5/10) = 0,8 + 0,9 - 0,5 = 1,2$	1 detik

Pasangan Fase	Perhitungan WMS (detik)	WMS Dibulatkan
Fase 3 – Fase 1	$(9/10) + (8/10) - (5/10) =$ $0,9 + 0,8 - 0,5 = 1,2$	1 detik

Tabel 6 menyajikan data geometrik dan kecepatan kendaraan yang menjadi dasar perhitungan, termasuk panjang lintasan kendaraan keluar dan datang serta panjang kendaraan berbelok. Nilai-nilai ini digunakan dalam perhitungan waktu tempuh kendaraan antar fase. Sementara itu, Tabel 7 menampilkan hasil perhitungan WMS berdasarkan data tersebut, di mana seluruh pasangan fase menghasilkan waktu antara 1,2 hingga 1,3 detik. Agar sistem sinyal lebih sederhana dan aman secara operasional, maka nilai WMS tersebut dibulatkan menjadi 1 detik dan diterapkan secara seragam untuk semua fase di simpang.

Dalam sistem pengaturan sinyal lalu lintas dengan tiga fase, waktu antar hijau (WAH) menjadi elemen penting untuk menghindari konflik kendaraan antar fase. WAH ditetapkan sebesar 4 detik per fase, yang terdiri atas 3 detik untuk waktu kuning (WK) dan 1 detik untuk waktu merah semua (WMS). Penetapan ini bertujuan memberikan jeda yang cukup bagi kendaraan untuk menyelesaikan manuvernya sebelum fase hijau berikutnya dimulai, sehingga meningkatkan keselamatan dan kelancaran lalu lintas di persimpangan.

Selain itu, berdasarkan ketentuan PKJI 2023, waktu kuning yang disarankan untuk setiap fase pada sinyal lalu lintas perkotaan adalah 3 detik. Maka dari itu, untuk simpang dengan tiga fase, total waktu kuning yang dibutuhkan adalah 9 detik, yaitu hasil penjumlahan dari masing-masing fase. Waktu kuning ini berfungsi sebagai peringatan kepada pengemudi untuk bersiap berhenti sebelum lampu berubah menjadi merah, sekaligus memberikan waktu aman sebelum fase merah aktif.

Waktu hijau hilang atau Lost Time Intersection (LTI) merupakan akumulasi waktu tidak produktif akibat perpindahan sinyal antar fase. Dengan mempertimbangkan total waktu merah semua selama 3 detik dan waktu kuning total selama 9 detik, maka diperoleh nilai LTI sebesar 12 detik, sesuai dengan Rumus 3.22 pada PKJI 2023. Nilai ini sangat penting dalam perencanaan durasi siklus sinyal, karena berperan langsung terhadap efisiensi dan kapasitas simpang dalam melayani arus lalu lintas secara optimal.

Analisis dimulai dengan menghitung arus jenuh dasar (S_0) pada pendekat selatan dengan tipe pendekat terlindung dan lebar efektif pendekat sebesar 5,5 meter. Berdasarkan rumus dalam PKJI 2023, diperoleh nilai $S_0 = 600 \times 5,5 = 3.300$ SMP/jam. Nilai ini kemudian dikalikan dengan serangkaian faktor koreksi, antara lain faktor hambatan samping ($FHS = 0,93$), faktor ukuran kota ($FUK = 0,83$), faktor kelandaian pendekat ($FG = 1,00$), faktor parkir di garis henti ($FP = 1,00$), serta faktor pembelokan ke kiri ($FBK_i = 0,978$) dan ke kanan ($FBK_a = 1,00$). Setelah dikalikan seluruh faktor koreksi, didapatkan nilai arus jenuh pendekat selatan (J) sebesar 2.491,53 SMP/jam.

Selanjutnya dilakukan perhitungan arus lalu lintas (q) yang melewati pendekat selatan dengan hasil sebesar 545,1 SMP/jam. Berdasarkan nilai ini, diperoleh rasio arus terhadap arus jenuh (R_q/J) sebesar 0,219. Rasio ini menunjukkan seberapa besar beban arus lalu lintas terhadap kapasitas pendekat yang tersedia. Rasio arus ini kemudian digunakan dalam perhitungan Rasio Arus Simpang APILL (RAS), yang merupakan penjumlahan dari rasio arus kritis dari seluruh pendekat pada simpang. Dalam kasus ini, nilai RAS yang dihitung adalah 0,753.

Mengacu pada nilai RAS dan rasio arus pendekat selatan, selanjutnya dihitung rasio fase (RF) sebagai proporsi pembagian waktu hijau berdasarkan beban pendekat, yaitu $RF =$

0,290. Berdasarkan rumus dalam PKJI 2023 untuk menghitung waktu siklus (s), dan menggunakan nilai Waktu Hijau Hilang (WHH) sebesar 12 detik, diperoleh waktu siklus optimal sebesar 93,3 detik. Waktu ini akan dibagi antar fase berdasarkan RF masing-masing.

Berdasarkan waktu siklus dan RF yang telah diperoleh, dihitung Waktu Hijau (WH) untuk pendekat selatan sebesar 24 detik. Nilai ini digunakan untuk menghitung kapasitas pendekat (C), yaitu kapasitas maksimal yang dapat dilayani selama waktu hijau aktif. Hasil perhitungannya menunjukkan kapasitas pendekat selatan adalah sebesar 630,44 SMP/jam. Terakhir, dilakukan perhitungan derajat kejenuhan (Dj) sebagai indikator kinerja pendekat. Dengan nilai arus aktual sebesar 545,1 SMP/jam dan kapasitas 630,44 SMP/jam, diperoleh $Dj = 0,86$, yang menunjukkan pendekat berada dalam kondisi mendekati jenuh, namun masih dalam batas toleransi kinerja simpang yang dapat diterima.

Berikut merupakan hasil analisis kinerja lalu lintas pada masing-masing pendekat simpang, yaitu **Pendekat Utara (U)**, **Pendekat Selatan (S)**, dan **Pendekat Barat (B)**. Analisis ini meliputi parameter-parameter penting seperti jumlah kendaraan antri, panjang antrian, dan rasio kendaraan terhenti, yang mencerminkan tingkat kepadatan dan efisiensi arus lalu lintas pada setiap pendekat. Data disajikan dalam format numerik untuk memberikan gambaran yang terukur terhadap kondisi operasional simpang, serta menjadi dasar evaluasi dalam merumuskan strategi pengelolaan dan perbaikan kinerja simpang secara menyeluruh.

Tabel 8 Perhitungan SA-V untuk Semua Pendekat

No	Kinerja Lalu Lintas	Pendekat		
		U	S	B
1	Perhitungan Jumlah Kendaraan Antri (NQ)			
	a. Jumlah kendaraan yang tertinggal dari fase hijau semuanya (NQ1) smp	2.036	2.036	2.036
	b. Jumlah kendaraan yang datang selama fase merah (NQ2) smp	15.782	13.464	14.376
	c. Jumlah kendaraan antri (NQ) sm	17.818	15.500	16.412
	d. Jumlah maksimum kendaraan antri (NQ maks)	30.000	26.000	28.000
2	Perhitungan Panjang Antrian (PA) meter	64.792	56.363	72.941
3	Perhitungan Rasio Kendaraan terhenti (RKH)	1.623	1.657	1.632

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel Kinerja Lalu Lintas, diketahui bahwa jumlah kendaraan antri (NQ) tertinggi terjadi pada pendekat Utara sebesar 17.818 smp, diikuti oleh pendekat Barat sebesar 16.412 smp, dan yang terendah pada pendekat Selatan sebesar 15.500 smp. Jumlah ini mencakup kendaraan yang tertinggal pada fase hijau sebelumnya serta kendaraan yang datang selama fase merah. Sementara itu, panjang antrian (PA) terpanjang tercatat pada pendekat Barat sebesar 72,941 meter, yang menunjukkan potensi kepadatan lebih tinggi dibandingkan pendekat lainnya, sedangkan pendekat Selatan memiliki panjang antrian terpendek yaitu 56,363 meter.

Selanjutnya, rasio kendaraan terhenti (RKH)—yang merepresentasikan proporsi kendaraan yang tidak dapat melewati simpang dalam satu siklus sinyal—menunjukkan nilai yang

relatif serupa pada ketiga pendekat, yakni berkisar antara 1,623 hingga 1,657. Nilai ini menunjukkan bahwa meskipun beban lalu lintas berbeda, pola keterhentian kendaraan pada tiap pendekat tidak jauh berbeda secara signifikan. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa pendekat utara dan barat memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan pengaturan fase sinyal untuk mengurangi panjang antrian dan meningkatkan efisiensi pelayanan lalu lintas pada simpang.

Tabel 9. berikut menyajikan komposisi waktu nyala sinyal lalu lintas pada masing-masing pendekat simpang, yaitu Pendekat Utara (U), Pendekat Selatan (S), dan Pendekat Barat (B). Parameter yang ditampilkan meliputi durasi waktu merah, waktu hijau, waktu kuning, serta waktu merah semua, yang secara keseluruhan membentuk total waktu siklus pada sistem pengendalian lalu lintas bersinyal. Penyajian data ini bertujuan untuk memberikan gambaran sistematis mengenai alokasi waktu sinyal pada setiap pendekat, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis efisiensi distribusi waktu dan evaluasi kinerja operasional simpang.

Tabel 9 Hasil Perhitungan Waktu Sinyal Lampu Lalu Lintas

Kode Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Merah	Hijau	Kuning	Merah Semua	
U	65	24	3	1	93
S	65	24	3	1	93
B	65	24	3	1	93

Berdasarkan data pada tabel, seluruh pendekat simpang yaitu Utara (U), Selatan (S), dan Barat (B) memiliki komposisi waktu nyala sinyal yang identik, dengan waktu merah selama 65 detik, waktu hijau selama 24 detik, waktu kuning selama 3 detik, dan waktu merah semua selama 1 detik. Komposisi tersebut menghasilkan total waktu siklus sebesar 93 detik untuk setiap pendekat. Keseragaman waktu siklus ini menunjukkan bahwa sistem pengendalian sinyal menggunakan pembagian waktu yang seimbang antar fase, yang bertujuan untuk menciptakan koordinasi antar pendekat dan meminimalkan konflik lalu lintas pada area simpang.

Durasi waktu hijau yang sama pada setiap pendekat merepresentasikan strategi pembagian waktu yang proporsional terhadap beban lalu lintas atau rasio fase yang telah dihitung sebelumnya. Adanya alokasi waktu kuning dan merah semua pada setiap siklus bertujuan untuk memberikan jeda aman dalam transisi antar fase dan memastikan kendaraan tidak berada dalam zona konflik saat fase berubah. Secara keseluruhan, pengaturan waktu sinyal yang ditunjukkan pada tabel ini mencerminkan penerapan prinsip-prinsip keselamatan dan efisiensi operasional sebagaimana yang direkomendasikan dalam **PKJI 2023**.

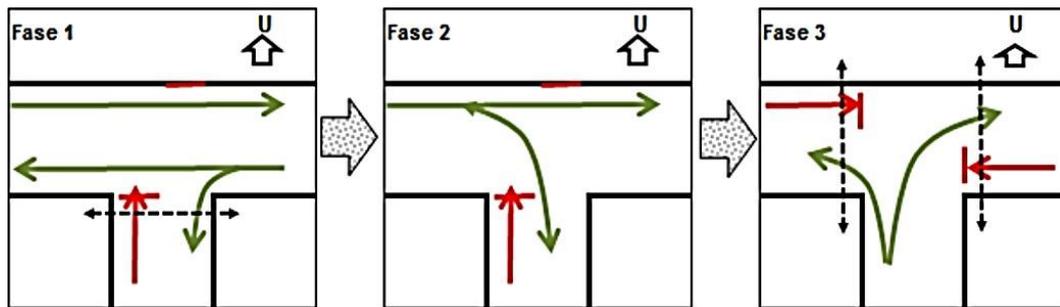
Diagram waktu sinyal untuk simpang Jl. Raya Sukabumi dan Jl. Cibaraja disusun untuk menggambarkan urutan dan durasi nyala lampu lalu lintas pada masing-masing fase. Diagram ini memberikan visualisasi yang jelas mengenai pembagian waktu hijau, kuning, merah, serta merah semua pada setiap pendekat, sehingga memudahkan dalam memahami alur pengendalian lalu lintas di simpang tersebut. Penyajian diagram waktu sinyal ini

bertujuan untuk mendukung analisis teknis terhadap efisiensi distribusi waktu antar fase serta memastikan tidak terjadi konflik antar pergerakan kendaraan.

Diagram waktu sinyal untuk simpang Jl. Raya Sukabumi dan Jl. Cibaraja dapat dilihat pada Gambar berikut ini.

S	24	3	1	65	93		
U	28	24	3	1	37	93	
B	65			24	3	1	93

Gambar 4 Diagram Waktu Sinyal Lalu Lintas Simpang



Gambar 5 Arah Fase Lalu Lintas

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan pada Simpang di Jl Raya Sukabumi – Cisaat dan Jl Cibaraja, diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada alternatif I setelah dilakukan pelebaran badan jalan pada simpang tak bersinyal Jl. Raya Sukabumi – Cisaat dan Jl. Cibaraja, nilai kapasitas simpang bertambah dari 2286,469 smp/jam menjadi 2659,799 smp/jam. Nilai peluang antrian diperoleh sebesar 25% - 50% dan tundaan simpang (T) mengecil dari sebelum pelebaran sebesar 16,25 det/smp menjadi 13,3957 det/smp. Kemudian, untuk nilai derajat kejenuhan (Dj) mengecil dari 0,922 menjadi 0,792. Oleh karena itu dengan DJ sebesar 0,792 maka tingkat pelayanan ruas jalan pada simpang Jl. Raya Sukabumi – Cisaat dan Jl. Cibaraja meningkat yakni masuk dalam tingkat pelayanan C dari sebelumnya yaitu E.
2. Pada alternatif II setelah badan jalan simpang tak bersinyal Jl. Raya Sukabumi – Cisaat dan Jl. Cibaraja diperlebar dan dikembangkan menjadi simpang bersinyal, nilai kapasitas simpang mengecil dari 2286,469 smp/jam menjadi 742,506 smp/jam untuk pendekat Utara, 630,437 smp/jam untuk pendekat Selatan dan 689,536 untuk pendekat Barat. Nilai tundaan simpang (T) bertambah dari sebelum pelebaran sebesar 16,25 det/smp menjadi 47 det/smp untuk pendekat Utara, 51 det/smp untuk pendekat Selatan dan 44 det/smp untuk pendekat Barat. Kemudian, untuk nilai derajat kejenuhan (Dj) mengecil dari 0,922 menjadi 0,86. Oleh karena itu dengan DJ sebesar 0,86 maka tingkat pelayanan ruas jalan pada simpang Jl. Raya Sukabumi – Cisaat dan Jl. Cibaraja meningkat yakni masuk dalam tingkat pelayanan D dari sebelumnya yaitu E.

3. Perbandingan kinerja simpang dari hasil penerapan alternatif I dan alternatif II yakni alternatif I lebih efektif karena tingkat pelayanan simpang meningkat dari E ke D kemudian kinerja simpang juga semakin baik, sedangkan pada alternatif II Tingkat pelayanan meningkat tetapi kinerja simpang menurun.

Berdasarkan kesimpulan serta hasil dari pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan pada Simpang di Jl Raya Sukabumi – Cisaat dan Jl Cibaraja, maka peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Dinas Perhubungan Kabupaten Sukabumi diharapkan melakukan perbaikan geometrik, mengingat geometrik kondisi eksisting pada pendekat minor Jl Raya Cibaraja dan pendekat mayor Jl Raya Sukabumi - Cisaat tidak seimbang dan telah mendekati kapasitas.
2. Melengkapi fasilitas jalan pada simpang tersebut khususnya rambu lalu lintas seperti “Larangan Berhenti” dan “Larangan Parkir” di Jl Raya Sukabumi – Cisaat dan Jl Cibaraja terutama di sekitar kaki simpang dan marka jalan untuk memberikan panduan bagi pengguna jalan karena hambatan samping pada simpang tersebut tergolong sangat tinggi.
3. Pada penelitian selanjutnya, sebaiknya menggunakan program PTV Vissim untuk memberikan gambaran dan simulasi yang lebih akurat mengenai keadaan eksisting sesuai dengan kondisi sebenarnya.
4. Jika ada yang melakukan penelitian serupa, diharapkan dapat melakukan kajian yang lebih mendalam karena jumlah penduduk dan pengguna kendaraan akan terus meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditia Cahya P. P, Eurene Gracia Angelica, Djoko Setijowarno, & Daniel Hartanto. (2024). Optimalisasi kinerja simpang bersinyal menggunakan metode PKJI 2023 dan program PTV Vissim. *Geoteknik, Struktur, Manajemen Konstruksi, Sumber Daya Air, Transportasi*, 8(1). <https://doi.org/10.24167/gsmart.v8i1.11477>
- Afada Lazuardi Irhamni, Ibnu Sholichin, & Nugroho Utomo. (2024). Performance evaluation and analysis of unsignaled intersections. *International Journal of Mechanical Engineering and Computer Industrial Engineering*, 1(4). <https://doi.org/10.61132/ijmecie.v1i4.39>
- Agung Maulana, Sri Sarjana, & Tammy Ramadhona Prastya. (2024). Traffic performance analysis in the traditional market area. *E3S Web of Conferences*, 576. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202457605003>
- Amalia Alyani, Siti Mayuni, & Sumiyattinah. (2025). Performance analysis of Jalan Pemuda Ngabang section employing PKJI 2023 method. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(4). <https://doi.org/10.26418/jts.v24i4.86362>
- Anik Budiati, Anisa Rizki Amalia Fitri, & Citto Pacama Fajrinia. (2024). Studi panjang antrian lalu lintas simpang bersinyal berdasarkan metode PKJI 2023 dan HCM 2010. *Inter Tech*, 2(2). <https://doi.org/10.54732/i.v2i2.1200>
- Billy Legio Pranata, Galih Pratama, Gregorius Gagas, Widarto Sutrisno, & Detha Sekar Langit Wahyu Gutama. (2023). Analysis of APILL interchange capacity, effective

- approach width, and saturation current determination using PKJI 2023. *Widya Teknik*, 4(1). <https://doi.org/10.52851/wt.v4i1.52>
- Dedy Zulkarnaen, Siti Mayuni, Elsa Tri Mukti, & Nurhayati. (2024). Geometric design of coordinated traffic signal intersections: case study of four-way intersections at Kapuas II Bridge and Kapur Village. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(3). <https://doi.org/10.26418/jts.v24i3.84088>
- Desi Aura Lestari, Kurnia Hadi Putra, & Theresia Maria Chandra Agusdini. (2023). Simulation of traffic management and engineering to improve the performance of the five point intersection on Jalan Keputih Surabaya. *Journal Innovation of Civil Engineering*, 4(2). <https://doi.org/10.33474/jice.v4i2.20592>
- Diana Nur' Afni, Farida Juwita, Anas Khair Prikurnia, & Imelda Yolanda Putri. (2023). Analisis simpang tak bersinyal di Jalan Ahmad Yani - Jalan Raden Intan Gadingrejo menggunakan PKJI 2023. *Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik*, 8(2). <https://doi.org/10.24967/teksis.v8i2.2706>
- Imam Arif Adipradhana, Nunung Widyaningsih, Muhammad Isradi, & Widodo Budi Dermawan. (2024). Optimization of road section and signalized intersection performance using PKJI 2023 at Dewi Sartika-Raya Kalibata intersection. *Engineering & Technology Journal*, 9(9). <https://doi.org/10.47191/etj/v9i09.05>
- M. Hijrah Agung Sarwandy, Noto Royan, & Muhammad Asep. (2024). Analisis kemacetan simpang tak bersinyal Jalan Padat Karya – Jalan Sumatera Kota Prabumulih menggunakan PKJI 2023. *Bearing*, 9(1). <https://doi.org/10.32502/jbearing.v9i1.8479>
- Marfiratun Nisa, Elsa Tri Mukti, & Siti Mayuni. (2024). Performance analysis and alternative treatments at the intersection of Jl. Gusti Situt Mahmud-Parit Pangeran in Pontianak. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(3). <https://doi.org/10.26418/jts.v24i3.86346>
- Marice Agustini, Verinazul Septriasyah, Adji Utama, Zuul Fitriana Umari, & RAS Delima Amanda Putri. (2024). Analisa kinerja lalu lintas Jalan Jenderal Ahmad Yani Kota Palembang. *Bearing*, 9(1). <https://doi.org/10.32502/jbearing.v9i1.8341>
- Muhammad Syaifullah, Yuliyanti Kadir, & Frice L Desei. (2024). Kinerja simpang empat tak bersinyal menggunakan metode PKJI 2023 dan software VISSIM. *Konstruksia*, 15(2). <https://doi.org/10.24853/jk.15.2.147-163>
- Muhammad Irfan, Gannang Setyo Wibi, Andri Almodad Alle, Widarto Sutrisno, & Detha Sekar Langit Gutama. (2023). Analysis of APILL cue time, queue length, and delay using PKJI 2023. *Widya Teknik*, 4(1). <https://doi.org/10.52851/wt.v4i1.51>
- Mohammad Ramzy, Boedi Rahardjo, & Bambang Supriyanto. (2024). Analisis kinerja simpang bersinyal di Kota Malang menggunakan PKJI 2023 (Studi Kasus: Simpang Dieng Malang). *Jurnal Inovasi Teknologi dan Edukasi Teknik*, 4(7). <https://doi.org/10.17977/um068.v4.i7.2024.4>
- Nur Huwaida Azimah, Heri Azwansyah, & S. Nurlaily Kadarini. (2025). Comparison analysis of road performance method between MKJI 1997 and PKJI 2023 using case study at Jalan Jendral Ahmad Yani. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(4). <https://doi.org/10.26418/jts.v24i4.86401>

Raehan Fitria Azahra, Muhammad Isradi, Kukuh Mahi Sudrajat, Joewono Prasetyo, & Andri Irfan Rifai. (2024). Performance analysis of unsignalized intersections and road sections using PKJI 2023. *Engineering and Technology Journal*, 9(3). <https://doi.org/10.47191/etj/v9i03.06>

Rahmat Lazuardi, Vera Septiawati, & Anis Septiani. (2024). Evaluation of daily traffic activities at four-legged intersection of Cimencrang, Al Jabbar Mosque area, using PKJI 2023. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 19(2). <https://doi.org/10.29313/jpwk.v19i2.4580>