

Evaluasi Kinerja Dan Optimasi Waktu Siklus Simpang Bersinyal Soekarno-Hatta–Kiara Condong

PERFORMANCE EVALUATION AND CYCLE TIME OPTIMIZATION OF THE SOEKARNO-HATTA–KIARA CONDONG SIGNALIZED INTERSECTION

Teguh Pambudi¹, AR Indra Tjahjani², Pio Ranap Tua Naibaho³

^{1,3}Universitas Tama Jagakarsa, Jl. TB Simatupang No.152 10, RT.10/RW.4, Tj. Bar., Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, 12530, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jl. Lenteng Agung Raya No.56, RT.1/RW.3, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, 12630, Indonesia

Email: teguhsksrapercity6@gmail.com

Received: 10 Maret 2026 Revised: 22 Agustus 2026 Accepted: 12 Oktober 2026 Published: 14 Oktober 2026

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk di Kota Bandung meningkatkan mobilitas manusia, barang, dan jasa yang tidak diimbangi dengan kapasitas prasarana jalan. Sekitar 70% perjalanan menggunakan kendaraan pribadi, dengan pertumbuhan kendaraan lebih dari 10% per tahun, sementara pertumbuhan jalan kurang dari 1%. Kondisi ini menyebabkan ketidakseimbangan transportasi dan kemacetan, salah satunya pada simpang bersinyal Jalan Soekarno Hatta–Jalan Kiara Condong yang merupakan akses utama menuju Bandung Pusat dan berada di kawasan permukiman padat serta komersial. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja simpang dan mengidentifikasi faktor penyebab kepadatan lalu lintas. Metode yang digunakan adalah survei lapangan untuk memperoleh data volume lalu lintas, geometrik jalan, hambatan samping, dan waktu sinyal. Hasil analisis menunjukkan derajat kejenuhan tertinggi terjadi di kaki simpang Soekarno Hatta Timur ($D_j = 1,03$) dengan tingkat pelayanan LOS F. Penerapan waktu siklus optimum 172 detik, dibandingkan kondisi eksisting 272 detik, mampu menurunkan derajat kejenuhan dan panjang antrian serta meningkatkan tingkat pelayanan simpang.

Kata kunci: Derajat Kejenuhan, Simpang Bersinyal, Tingkat Pelayanan.

ABSTRACT

Population growth in Bandung City has led to increased mobility of people, goods, and services, which is not balanced by the capacity of road infrastructure. Approximately 70% of trips are made using private vehicles, with vehicle growth exceeding 10% per year, while road network growth is less than 1%. This imbalance has resulted in traffic congestion, particularly at the signalized intersection of Soekarno Hatta Road–Kiara Condong Road, a major access route to central Bandung located in a densely populated and commercial area. This study aims to evaluate the performance of the intersection and identify the factors causing traffic congestion. The research method involves field surveys to collect data on traffic volume, road geometry, side frictions, and signal timing. The analysis results show that the highest degree of saturation occurs at the east approach of Soekarno Hatta Road ($DS = 1.03$) with a Level of Service (LOS) F. The implementation of an optimal cycle time of 172 seconds, compared to the existing cycle time of 272 seconds, reduces the degree of saturation and queue length and improves the level of service at the intersection.

Keywords: Degree of Saturation, Level of Service, Signalized Intersection.

PENDAHULUAN

Pergerakan lalu lintas kendaraan yang akan memasuki Kota Bandung terjadi di gerbang masuk Jalan Soekarno Hatta, ujung timur dan barat, Jalan Kopo, Mohammad Toha, Buah Batu, Pasteur dan akses keluar dari masing-masing gerbang tol Padaleunyi dan gerbang tol Pasteur. Kondisi lalu lintas yang menuju Kota Bandung yang sangat mudah diakses dari berbagai arah, kerap berdampak pada penumpukan kendaraan, yaitu pada jam sibuk sekolah, atau pada saat orang bekerja.

Pada hari Sabtu dan Minggu, kemacetan terjadi karena banyaknya kendaraan wisatawan terutama dari Jakarta dan sekitarnya yang memadati Kota Bandung, sehingga kemacetan terjadi pada umumnya di Jalan Dr. Junjunan (Pasteur), Jalan Cihampelas, Jalan Ir. H. Djuanda, Jalan Merdeka dan Jalan L.L. R.E. Martadinata dikarenakan banyak terdapat *factory outlet*, tempat makan dan toko oleh-oleh. Selain itu kemacetan juga terjadi pada akses jalan ke obyek wisata seperti Lembang, Dago Pakar, Ciwidey dan lain sebagainya.

1. Perumusan Masalah

Kota Bandung adalah pusat kegiatan ekonomi di Jawa Barat yang memberikan kontribusi perekonomian yang besar bagi Indonesia melalui penyerapan tenaga kerja, investasi, pajak penghasilan dan penyediaan fasilitas publik. Hal ini dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya dan mengakibatkan peningkatan populasi di Kota Bandung. Namun, pada kenyataannya peningkatan populasi akan meningkatkan aktivitas masyarakat, yang menyebabkan masyarakat membutuhkan kendaraan pribadi dan transportasi umum untuk meningkatkan mobilitas penduduk dan kemudahan dalam melakukan perjalanan. Disisi lain, kemacetan terjadi akibat kondisi infrastruktur jalan dan fasilitas transportasi umum yang tidak memadai. Permasalahan kinerja simpang bersinyal juga menjadi perhatian dalam berbagai penelitian terkini.

(Putriningtiazti dkk., 2025) menunjukkan bahwa evaluasi kinerja simpang bersinyal dengan menggunakan PKJI 2023 dapat dilakukan melalui parameter kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrian, tundaan, dan tingkat pelayanan, serta dapat dikombinasikan dengan pemodelan PTV VISSIM untuk menentukan alternatif penanganan yang sesuai. Sementara itu, (Akbaridin dkk., 2025) menunjukkan bahwa pengaturan waktu siklus dan koordinasi antar simpang dapat meningkatkan kinerja simpang bersinyal di Kota Bandung dengan menurunkan panjang antrian dan tundaan serta meningkatkan tingkat pelayanan. Penelitian lain oleh (Apriansyah dan Trimurti, 2025) juga menunjukkan bahwa evaluasi volume lalu lintas, kondisi geometrik, derajat kejenuhan, dan tundaan pada simpang dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan strategi peningkatan kinerja dan keselamatan jalan. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa evaluasi kondisi eksisting dan optimalisasi pengaturan lalu lintas merupakan aspek penting dalam penanganan permasalahan kinerja simpang, khususnya pada kawasan perkotaan dengan volume lalu lintas yang tinggi.

Dari uraian di atas muncul pertanyaan penelitian mengenai:

- Kinerja jalan di Kota Bandung.
- Kinerja simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong.
- Penyelesaian masalah kepadatan lalu lintas di Kota Bandung khususnya di simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong.

2. Maksud Penelitian

Maksud dilakukannya penelitian ini adalah:

- Mengevaluasi kinerja simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong.
- Mengidentifikasi faktor penyebab kepadatan lalu lintas di Kota Bandung.
- Mengidentifikasi faktor penyebab kepadatan lalu lintas di simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong.

3. Tinjauan Pustaka

a. Pengertian Simpang

Simpang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari jaringan jalan. Di daerah perkotaan biasanya banyak memiliki simpang, di mana pengemudi harus memutuskan untuk berjalan lurus atau berbelok dan pindah jalan untuk mencapai satu tujuan. Simpang dapat didefinisikan sebagai daerah umum di mana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya (Jotin dan Kent, 2005).

Persimpangan merupakan simpul pada jaringan jalan dimana ruas-ruas jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan yang menyebabkan volume lalu lintas tinggi (Sholahudin dan Hendar, 2020). Persimpangan sebagai tempat bertemunya kendaraan dari beberapa ruas jalan di mana kendaraan saling bergerak antara satu dengan yang lainnya, merupakan daerah yang berpotensi terjadinya konflik antara beberapa kendaraan. Hal ini disebabkan karena tidak sedikit para pengguna jalan yang tidak sabar dalam berkendara karena ingin segera sampai di tujuan masing-masing (Prayitno dkk., 2019). Persimpangan yang tidak diatur dengan baik sering terjadi masalah terkait pengendara yang tidak ingin mengalah, parkir sembarangan, desain geometrik buruk, volume lalu lintas yang besar sehingga penerapan pengaturan persimpangan sangat diperlukan. Kedisiplinan dari setiap pengguna jalan juga berperan penting dalam mengatasi kemacetan di jalan raya (Prayitno dkk., 2019).

b. Persimpangan Bersinyal

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*) (Suryaningsih dkk., 2020). Penerapan metode PKJI 2014 pada simpang bersinyal memerlukan perhitungan arus jenuh, kapasitas tiap fase, serta analisis derajat

kejenuhan untuk menentukan tingkat pelayanan (Pehan dkk., 2020). Evaluasi kinerja simpang harus mempertimbangkan kondisi geometri simpang, pola arus kendaraan, serta distribusi pergerakan pada setiap lengan karena faktor-faktor tersebut berpengaruh langsung terhadap nilai kapasitas, derajat kejenuhan, dan tingkat pelayanan jalan (Dartama dan Naibaho, 2025).

Lampu lalu lintas merupakan alat yang mengatur pergerakan lalu lintas melalui pemisahan waktu untuk berbagai arah pergerakan, tujuan dari pemisahan waktu pergerakan ini adalah untuk menghindari terjadinya arah pergerakan yang saling berpotongan atau melalui titik konflik pada saat yang bersamaan. Kelebihan penerapan lampu lalu lintas adalah:

- 1) Menghindari hambatan karena adanya perbedaan arus jalan bagi pergerakan kendaraan.
- 2) Memfasilitasi persimpangan antara jalan utama untuk kendaraan dan pejalan kaki dengan jalan sekunder sehingga memperlancar arus lalu lintas.
- 3) Mempertahankan kapasitas simpang pada jam puncak.
- 4) Biaya relatif lebih murah dibandingkan apabila lalu lintas diatur oleh polisi.
- 5) Mengurangi tingkat kecelakaan yang diakibatkan oleh tabrakan kendaraan.

Kelebihan dari penerapan persimpangan tanpa lampu lalu lintas adalah:

- 1) Menghindari hambatan karena adanya perbedaan arus jalan bagi pergerakan kendaraan.
- 2) Arus kendaraan dapat melewati persimpangan secara rutin karena tanpa hambatan yang diakibatkan oleh lampu lalu lintas.
- 3) Tidak menghalangi *ambulance* atau mobil kendaraan penting lainnya untuk melewati persimpangan.
- 4) Risiko kecelakaan menjadi lebih kecil karena aturan dalam persimpangan tanpa lampu lalu lintas lebih sedikit.
- 5) Biaya perawatan lebih sedikit.

Evaluasi Kinerja dan (Liberty/ hal. 82-97)

c. Konflik Lalu Lintas Persimpangan

Permasalahan utama yang dihadapi suatu persimpangan adalah konflik antar kendaraan dari berbagai arah. Jumlah titik konflik dipengaruhi oleh:

- 1) Jumlah kaki persimpangan yang ada.
- 2) Jumlah lajur pada setiap kaki persimpangan.
- 3) Jumlah arah pergerakan yang ada.
- 4) Sistem pengaturan lalu lintas yang ada.

d. Karakteristik Kendaraan

Dalam lalu lintas terdapat berbagai jenis kendaraan yang masing-masing mempunyai ciri tersendiri, dengan perbedaan seperti dimensi, berat, kapasitas angkut, tenaga penggerak, karakteristik pengendalian yang sangat berpengaruh dalam operasi lalu lintas sehari-hari serta dalam perencanaan dan pengendalian lalu lintas seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Jenis Kendaraan

Kode	Jenis Kendaraan	Kendaraan
SM	Kendaraan bermotor roda 2 dengan panjang tidak lebih dari 2,5 meter	Sepeda motor, <i>scooter</i> , dan motor besar (<i>moge</i>)
KS	Bus dan truk 2 sumbu, dengan panjang tidak lebih dari atau sama dengan 12 meter	Bus kota dan truk sedang
KB	Truk dengan jumlah sumbu sama dengan atau lebih dari 3 dengan panjang lebih dari 12 meter	Truk tronton dan truk gandengan
KTB	Kendaraan tak bermotor	Sepeda dan becak

Untuk nilai ekuivalen dari jenis kendaraan yang sudah diklasifikasi pada

Tabel 1 ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai Ekuivalen Kendaraan

Jenis Kendaraan	Ekuivalen Kendaraan
KR	1
KB	1,3
SM	0,5

e. Kondisi Sinyal Eksisting

Data kondisi sinyal eksisting diperlukan untuk menganalisis simpang empat bersinyal, yaitu mencakup waktu siklus dan fase sinyal.

1) Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu putaran dari sinyal pada suatu simpang.

2) Fase Sinyal

Fase sinyal dalam lalu lintas adalah bagian dari waktu sinyal dalam setiap segmen simpang.

Jalan Kiara Condong terdapat 4 fase sinyal, yaitu:

- 1) Fase 1 = Jl. Soekarno Hatta – Timur.

- 2) Fase 2 = Jl. Terusan Kiara Condong – Selatan.

- 3) Fase 3 = Jl. Jalan Soekarno Hatta – Barat.

- 4) Fase 4 = Jl. Kiara Condong – Utara.

f. Kapasitas Simpang (C)

Menurut (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023), kapasitas simpang adalah kemampuan simpang menampung arus lalu lintas maksimum per satuan waktu (skr/jam). Kapasitas pada suatu simpang dapat dihitung dengan Persamaan (1).

$$C = J \times \frac{W_H}{s} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

C = Kapasitas simpang (skr/jam)

J = Arus jenuh kendaraan (skr/jam)
 W_H = Waktu hijau dalam satu siklus (detik)
 s = Waktu siklus (detik)

g. Arus Jenuh (J)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), arus jenuh merupakan besarnya keberangkatan rata-rata antrian didalam suatu pendekatan simpang selama sinyal hijau dan dinyatakan dalam skr/jam seperti ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_p \times F_{Bki} \times F_{Bka} \dots \dots \dots (2)$$

Untuk pendekat terlindung, arus jenuh dasar (J_0) ditentukan oleh Persamaan (3).

$$J_0 = 600 \times L_E \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

J = Arus jenuh (skr/jam)
 J_0 = Arus jenuh dasar (skr/jam)
 F_{HS} = Faktor penyesuaian J_0 akibat hambatan samping
 F_{UK} = Faktor penyesuaian J_0 akibat ukuran kota
 F_G = Faktor penyesuaian J_0 akibat kelandaian
 F_p = Faktor koreksi arus jenuh akibat perparkiran dekat lengan simpang
 F_{BKa} = Faktor penyesuaian J_0 akibat adanya pergerakan belok kanan
 F_{BKi} = Faktor penyesuaian J_0 akibat adanya pergerakan belok kiri
 L_E = Lebar efektif pendekat (m)

h. Derajat Kejenuhan (D_j)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2023), derajat kejenuhan merupakan perbandingan dari total arus lalu lintas (skr/jam) terhadap besarnya kapasitas pada suatu persimpangan (skr/jam). Derajat kejenuhan dapat dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$D_j = \frac{Q}{C} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

D_j = Derajat kejenuhan
 Q = Volume lalu lintas (skr/jam)
 C = Kapasitas simpang (skr/jam)

i. Panjang Antrian (P_A)

Panjang antrian (P_A) diperoleh dari perkalian $N!$ (skr) dengan luas area rata – rata yang digunakan oleh satu kendaraan ringan (ekr), dibagi lebar masuk (m). Jumlah rata-rata antrian kendaraan (skr) pada awal isyarat hijau (N_q) dihitung sebagai jumlah kendaraan (skr) yang tersisa dari fase hijau (N_{q1}) ditambah jumlah kendaraan (skr) yang datang dan berhenti selama fase merah (N_{q2}). N_{q1} dan N_{q2} dapat dihitung menggunakan Persamaan (5) hingga (7).

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \dots \dots \dots (5)$$

Untuk $D_j > 0,5$

Untuk $D_j < 0,5$, maka $N_{q1} = 0$

$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{s}} \right\} \dots \dots (6)$$

$$N_{q2} = s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_j)} \times \frac{q}{3600} \dots \dots \dots (7)$$

Rasio hijau (R_H) dapat dihitung menggunakan Persamaan (8).

$$R_H = \frac{g}{s} \dots \dots \dots (8)$$

Panjang antrian (P_A) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (9).

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

P_A = Panjang antrian (m)
 N_q = Jumlah rata-rata antrian kendaraan pada awal isyarat hijau (skr)
 N_{q1} = Jumlah kendaraan yang tersisa dari fase hijau (skr)

Evaluasi Kinerja dan (Liberty/ hal. 82-97)

N_{q2}	= Jumlah kendaraan yang datang dan terhenti selama fase merah (skr)
D_j	= Derajat kejenuhan
C	= Kapasitas simpang (skr/jam)
Q	= Volume lalu lintas (skr/jam)
R_H	= Rasio hijau
g	= Waktu hijau (detik)
s	= Waktu siklus (detik)
L_M	= Lebar masuk (m)

j. Tundaan (T)

Tundaan terjadi karena dua hal, yaitu tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometrik (T_G). Tundaan lalu lintas adalah tundaan yang disebabkan oleh interaksi antara kendaraan dalam arus lalu lintas. Tundaan geometrik adalah tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan yang terganggu saat kendaraan membelok atau berhenti (Warsiti dkk., 2022). Tundaan (T) dapat dihitung menggunakan Persamaan (10).

$$T = T_{LL} + T_G N_{q2} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

T	= Tundaan
T_{LL}	= Tundaan lalu lintas (detik/skr)
T_G	= Tundaan geometrik (detik/skr)

k. Tundaan Lalu Lintas (T_{LL})

Tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (T_{LL}) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan pada pendekat lainnya, dapat dihitung menggunakan Persamaan (11).

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_j)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C} \dots (11)$$

Keterangan:

T_{LL}	= Tundaan lalu lintas (detik/skr)
s	= Waktu siklus (detik)
R_H	= Rasio hijau
N_{q1}	= Jumlah kendaraan yang tersisa dari fase hijau (skr)
D_j	= Derajat kejenuhan
C	= Kapasitas simpang (skr/jam)

l. Tundaan Geometrik (T_G)

Tundaan geometrik rata-rata masing-masing pendekat T_G akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada simpang dihentikan oleh lampu merah, dapat dihitung menggunakan Persamaan (12).

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \dots (12)$$

Keterangan:

T_G	= Tundaan geometrik (detik/skr)
R_{KH}	= Rasio kendaraan henti
P_B	= Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat (detik/skr)

m. Optimalisasi Waktu Siklus

Perhitungan optimalisasi waktu siklus didasarkan pada jarak kendaraan datang dan berangkat. Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu periode lampu lalu lintas, yaitu dari saat arus lalu lintas di suatu ruas jalan mulai hijau, hingga ruas jalan tersebut mulai hijau lagi.

Tujuan optimalisasi waktu siklus adalah:

- 1) Menghindari kemacetan simpang.
- 2) Mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan.

n. Metode Webster

Faktor yang diperlukan untuk menghitung siklus waktu maksimum adalah waktu hilang, yaitu lama waktu satu siklus penuh pada saat tidak ada kendaraan. Hal ini dilakukan tidak hanya waktu merah semua, tetapi juga sebagian waktu persiapan jalan dan persiapan berhenti yang terjadi pada saat perubahan warna lampu. Waktu hilang setiap siklus (W_{HH}) dapat dihitung menggunakan Persamaan (13).

$$W_{HH} = \sum_i (W_{MS} + W_K)_i \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

W_{HH}	= Waktu hijau hilang total (detik)
W_{MS}	= Waktu merah semua (detik)
W_K	= Waktu kuning (detik)

Rasio arus dapat dihitung menggunakan Persamaan (14).

$$R_{q/J} = \frac{q}{J} \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan:

$R_{q/J}$ = Rasio arus

q = Volume lalu lintas (skr/jam)

J = Arus jenuh (skr/jam)

Waktu siklus optimum (s) dapat dihitung menggunakan Persamaan (15).

$$s = \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{(1 - \sum R_{q/J \text{ kritis}})} \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:

s = Waktu siklus optimum (detik)

W_{HH} = Jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik)

METODE

1. Metode Penelitian

Metode penelitian pada simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong adalah dengan melakukan survey dan penelitian di lapangan untuk mendapatkan data masukan berupa volume lalu lintas, data geometrik, hambatan samping, waktu sinyal dan waktu siklus lampu lalu lintas. Hambatan samping merupakan pengamatan terhadap penggunaan lahan di sekitar persimpangan (Gusmulyani, 2020). Pengambilan data volume lalu lintas dilakukan secara bersamaan di setiap kaki simpang (4 segmen) pada hari Senin, 13 Mei 2024 dan hari Jum'at, 17 Mei 2024 saat jam puncak yaitu pagi hari jam 06.00 - 09.00 WIB dan sore hari jam 17.00 - 19.00 WIB.

2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong Kota Bandung. Peta dan denah lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kinerja Ruas Jalan

Kinerja ruas jalan adalah kemampuan dari suatu ruas jalan dalam melayani kebutuhan arus lalu lintas sesuai dengan fungsinya yang dapat diukur dan dibandingkan dengan standar tingkat pelayanan jalan. Nilai tingkat pelayanan jalan dijadikan sebagai parameter kinerja

ruas jalan. Terdapat hubungan antara ruas jalan dengan tingkat kemacetan di Kota Bandung. Pertumbuhan panjang jalan di Kota Bandung tidak seimbang dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor. Berdasarkan data dari Dinas Perhubungan dan Dinas Bina Marga Kota Bandung tahun 2022, data pertumbuhan jumlah kendaraan lebih dari 10 %, sedangkan pertumbuhan

Evaluasi Kinerja dan (Liberty/ hal. 82-97)

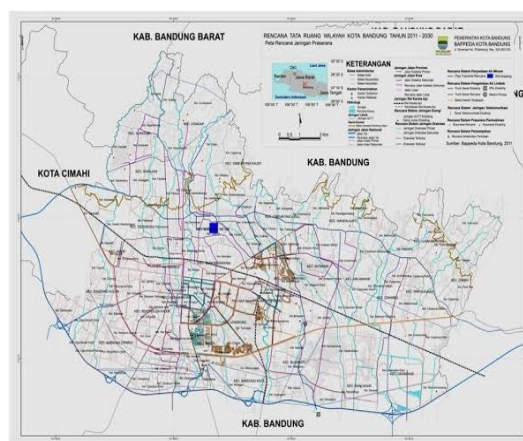
panjang jalan kurang dari 1 %. Suatu kota idealnya memiliki jaringan jalan 30% dari luas wilayah, tetapi Kota Bandung baru memiliki 4% dari luas wilayah. Hal tersebut menimbulkan ketidakseimbangan antara kebutuhan transportasi dan keberadaan jaringan jalan sehingga terjadilah kemacetan lalu lintas.

Di sisi lain, struktur jaringan transportasi di Kota Bandung yang belum optimal dan menyeluruh menambah beban permasalahan kemacetan. Infrastruktur jalan yang belum memadai juga menjadi salah satu faktor utama dari penyebab kemacetan lalu lintas di Kota Bandung. Beberapa ruas jalan sering mengalami kepadatan lalu lintas akibat kondisi jalan yang sempit, banyak jalan yang berlubang serta kurangnya rambu dan marka jalan yang kurang jelas.

Data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Bandung tahun 2022, jumlah penduduk di Kota Bandung mencapai 2,5 juta jiwa. Sedangkan jumlah kendaraan bermotor sekitar 1,2 juta unit. Kemacetan terjadi karena 70% mobilitas penduduk Kota Bandung menggunakan kendaraan pribadi sedangkan 30% menggunakan angkutan umum.

Total panjang ruas jalan di Kota Bandung 1.236,48 km (Dinas Bina Marga Kota Bandung, 2019). Berdasarkan statusnya, jalan di Kota Bandung dibagi menjadi jalan nasional, jalan provinsi dan jalan kota. Berdasarkan fungsinya jalan di Kota Bandung dibagi menjadi jalan arteri primer, arteri sekunder, kolektor primer dan kolektor sekunder.

Jika dilihat dari pola jaringan jalannya, Kota Bandung cenderung memiliki pola jaringan radial yang ditandai dengan jaringan jalan yang melayani pergerakan keluar masuk pusat kota. Sistem jaringan yang ada membentuk pola radial dengan berpusat pada alun-alun Kota Bandung dengan 2 jaringan jalan lingkaran yaitu jalan lingkaran Laswi – BKR – Peta dan Jalan Soekarno – Hatta (Lingkar Selatan). Hal ini terjadi karena adanya kondisi daerah pusat kota yang merupakan pusat kegiatan kemudian pola kegiatan penduduk tersebut menyebar secara radial dari pusat ke luar kota dan jaringan jalan akan bertemu di pusat kota seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Jaringan Jalan di Kota Bandung

2. Dampak Kemacetan Lalu Lintas

Meningkatnya volume kendaraan pribadi membuat sejumlah jalan di Kota Bandung telah mencapai titik jenuh. Salah satu jalan yang sudah jenuh di Kota Bandung

adalah simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong. Dampak dari kemacetan di Kota Bandung dapat dibagi dalam 3 kategori:

- a. Kerugian sosial, yaitu pengendara (pengguna jalan) yang terjebak kemacetan sering mengalami kelelahan. Pengguna jalan mengalami kehilangan fokus, konsentrasi dan stres dalam berkendara.
- b. Dari segi ekonomi, dampak kemacetan lalu lintas adalah bertambahnya biaya yang harus dikeluarkan oleh pengendara dalam pengeluaran bahan bakar minyak.
- c. Dampak lingkungan yang muncul dari kemacetan adalah meningkatnya polusi dari kendaraan yang terjebak macet, serta meningkatnya konsumsi Bahan Bakar Minyak.

3. Dampak Kemacetan Lalu Lintas

Dalam menilai suatu kinerja jalan dapat dilihat dari kapasitas, derajat kejenuhan, kecepatan rata-rata, waktu perjalanan, tundaan dan antrian melalui suatu kajian mengenai kinerja ruas jalan. Berikut adalah parameter yang dipergunakan untuk menentukan kinerja ruas jalan (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).

a. Kapasitas

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan dua lajur dua arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur.

b. Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas adalah kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalan. Hubungan antara kecepatan arus bebas dengan kondisi geometrik dan lingkungan ditentukan dengan metode regresi.

c. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah rasio volume lalu lintas terhadap kapasitas jalan.

d. Kecepatan dan Waktu Tempuh

Kecepatan adalah jarak yang ditempuh dalam satuan waktu tertentu atau nilai perubahan jarak terhadap waktu. Kecepatan merupakan parameter yang penting khususnya dalam desain jalan yaitu sebagai informasi mengenai keadaan perjalanan, tingkat pelayanan dan klasifikasi arus lalu lintas.

e. Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat pelayanan jalan (*Level of Service / LOS*) merupakan gambaran kondisi operasional arus lalu lintas dan persepsi pengendara dalam terminologi kecepatan, waktu tempuh, kenyamanan, kebebasan bergerak, keamanan dan keselamatan. Tingkat pelayanan terdiri dari tingkat pelayanan (tergantung arus) dan tingkat pelayanan (tergantung fasilitas) (Tamin, 2000).

Tabel 3. Tingkat Pelayanan Jalan dan Derajat Kejenuhan (Marasabessy dkk., 2024)

Tingkat Pelayanan	Derajat Kejenuhan
A	0,00 – 0,20
B	0,20 – 0,44
C	0,45 – 0,74
D	0,75 – 0,84
E	0,85 – 1,00
F	> 1,00

1) Tingkat Pelayanan A (LOS A)

Sepenuhnya arus bebas; yang ada adalah kecepatan arus bebas, kendaraan

dapat bermanuver dengan mudah di dalam aliran lalu lintas.

2) Tingkat Pelayanan B (LOS B)

Mendekati arus bebas; umumnya kecepatan arus bebas, kemampuan untuk bermanuver di dalam aliran lalu lintas sedikit terbatas.

3) Tingkat Pelayanan C (LOS C)

Memungkinkan aliran arus dengan kecepatan yang masih pada atau mendekati kecepatan arus bebas, kebebasan bermanuver di dalam aliran lalu lintas semakin terbatas dan perpindahan lajur membutuhkan kewaspadaan pengemudi.

4) Tingkat Pelayanan D (LOS D)

Kecepatan mulai sedikit menurun dengan peningkatan arus, kepadatan mulai meningkat agak cepat, kebebasan bermanuver semakin terbatas.

5) Tingkat Pelayanan E (LOS E)

Menggambarkan operasi pada kapasitas kepadatan tertinggi, operasi mengkhawatirkan dan hampir tidak terdapat jeda yang dapat dimanfaatkan pada aliran lalu lintas, kemampuan manuver dalam aliran lalu lintas sangat rendah.

6) Tingkat Pelayanan F (LOS F)

Menggambarkan terhentinya arus kendaraan pada titik kemacetan seperti dipertemuan jalur, kondisi penyalipan atau perbaikan lajur. Terhentinya arus terjadi

ketika perbandingan antara tingkat arus dengan kapasitas telah melebihi 1,0 (Jotin dan Kent, 2005).

4. Kinerja Simpang

Persimpangan merupakan titik pertemuan kendaraan yang saling bergerak antara satu kendaraan dengan kendaraan yang lainnya dari beberapa ruas jalan dan sangat berpotensi terjadi konflik antar kendaraan yang bergerak. Jika suatu persimpangan tidak bekerja secara optimal maka akan menimbulkan masalah seperti antrian dan tundaan pada kendaraan.

Faktor-faktor yang menentukan kinerja simpang bersinyal antara lain:

- Volume lalu lintas.
- Kapasitas simpang.
- Arus jenuh.
- Geometrik simpang.
- Waktu siklus dan waktu hijau.
- Derajat kejenuhan.

5. Data Geometrik Simpang

Data geometrik simpang adalah data yang berisikan ukuran-ukuran geometrik pada simpang. Penamaan lengan untuk masing-masing kaki simpang ditandai dengan jalan utama disebut B dan D, jalan minor disebut A dan C seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Lengan Geometrik Simpang

Dari hasil pengukuran di lokasi penelitian, diperoleh data geometrik pada

simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Geometrik Simpang

Lengan	Lebar jalan (m)	Lebar median (m)	Jumlah lajur
Jl. Kiara Condong (Utara – Barat)			
A	9	1,2	2
Jl. Kiara Condong (Utara – Timur)			
A	9	1,2	2
Jl. Soekarno Hatta (Timur – Utara)			
B	15	3,0	4
Jl. Soekarno Hatta (Timur – Selatan)			
B	13	3,0	4
Jl. Trs Kiara Condong (Selatan – Timur)			
C	9	1,2	2
Jl. Trs Kiara Condong (Selatan – Barat)			
C	9	1,2	2
Jl. Soekarno Hatta (Barat – Selatan)			
D	14	3,0	4
Jl. Soekarno Hatta (Barat – Utara)			
D	14	3,0	4

6. Ringkasan Volume Lalu Lintas Simpang

Dari hasil survey dan hasil perhitungan volume lalu lintas setelah dikonversi dengan nilai ekuiaven untuk masing-masing jenis kendaraan pada simpang Jalan Soekarno

Hatta – Jalan Kiara Condong, diperoleh ringkasan volume lalu lintas tertinggi per jam setiap arah pergerakan kendaraan yaitu lurus, belok kanan dan belok kiri untuk setiap kaki simpang seperti ditunjukkan pada Tabel 5 untuk hari Senin, 13 Mei 2024.

Tabel 5. Ringkasan Volume Lalu Lintas Tertinggi Per Jam Hari Senin, 13 Mei 2024

Arah	Waktu	skr/jam	Total skr/jam
Jl. Soekarno Hatta – Timur			
Lurus	07.00-08.00	1825	3659
Belok Kanan	07.00-08.00	1172	
Belok Kiri	17.00-18.00	662	
Jl. Trs Kiara Condong – Selatan			
Lurus	07.00-08.00	740	1399
Belok Kanan	07.00-08.00	476	
Belok Kiri	07.00-08.00	184	
Jl. Soekarno Hatta – Barat			
Lurus	17.00-18.00	1085	2295
Belok Kanan	17.00-18.00	776	
Belok Kiri	07.00-08.00	434	
Jl. Kiara Condong – Utara			
Lurus	17.00-18.00	778	1544
Belok Kanan	17.00-18.00	531	
Belok Kiri	17.00-18.00	236	

Evaluasi Kinerja dan (Liberty/ hal. 82-97)

Ringkasan volume lalu lintas tertinggi per jam setiap arah pergerakan kendaraan yaitu lurus, belok kanan dan belok kiri untuk

setiap kaki simpang seperti ditunjukkan pada Tabel 6 untuk hari Jumat, 17 Mei 2024.

Tabel 6. Ringkasan Volume Lalu Lintas Tertinggi Per Jam Hari Jumat, 17 Mei 2024

Arah	Waktu	skr/jam	Total skr/jam
Jl. Soekarno Hatta – Timur			
Lurus	07.00-08.00	1839	3705
Belok Kanan	07.00-08.00	1191	
Belok Kiri	17.00-18.00	662	
Jl. Trs Kiara Condong – Selatan			
Lurus	07.00-08.00	755	1462
Belok Kanan	07.00-08.00	499	
Belok Kiri	07.00-08.00	208	
Jl. Soekarno Hatta – Barat			
Lurus	17.00-18.00	1138	2386
Belok Kanan	17.00-18.00	801	
Belok Kiri	07.00-08.00	447	
Jl. Kiara Condong – Utara			
Lurus	17.00-18.00	789	1635
Belok Kanan	17.00-18.00	592	
Belok Kiri	18.00-19.00	254	

7. Analisis Simpang Bersinyal

Analisis simpang bersinyal diperlukan untuk memberikan solusi salah satu penyelesaian kepadatan lalu lintas di simpang Jalan Soekarno Hatta – jalan Kiara Condong. Dari data volume lalu lintas tertinggi (skr/jam) untuk setiap kaki simpang, dipergunakan sebagai acuan untuk perhitungan dan analisis kapasitas simpang, antara lain: derajat kejenuhan, panjang antrian dan tingkat pelayanan (LOS) setiap

kaki simpang. Untuk meningkatkan kinerja setiap kaki simpang, dilakukan perhitungan dan analisis waktu siklus optimum lampu lalu lintas. Dalam perhitungan dan analisis simpang bersinyal didasarkan pada PKJI, 2023 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023).

Data eksisting waktu sinyal pada setiap kaki simpang dan waktu siklus dari hasil survey ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Waktu Sinyal dan Waktu Siklus Eksisting

Waktu sinyal (detik), Lurus = belok kanan			Waktu siklus (detik)
Merah	Hijau	Kuning	
Jl. Soekarno Hatta – Timur			
159	110	3	272
Jl. Trs Kiara Condong – Selatan			
185	84	3	272
Jl. Soekarno Hatta – Barat			
179	90	3	272
Jl. Kiara Condong – Utara			
190	79	3	272

Hasil perhitungan arus jenuh, kapasitas simpang, derajat kejenuhan dan panjang antrian pada setiap kaki simpang dengan menggunakan persamaan (1), (2), (3), (4),

(5), (6), (7) dan Tabel 3 untuk waktu siklus eksisting, $s = 272$ detik, dirangkum pada Tabel 8.

Tabel 8. Waktu Sinyal dan Waktu Siklus Eksisting

J (skr/jam)	C (skr/jam)	Q (skr/jam)	Dj	P _A (m)	LOS
Jl. Soekarno Hatta – Timur					
8866	3586	3705	1,03	402,85	F
Jl. Trs Kiara Condong – Selatan					
5670	1751	1462	0,84	298,16	D
Jl. Soekarno Hatta – Barat					
8271	2737	2386	0,87	322,02	E
Jl. Kiara Condong – Utara					
5695	1654	1635	0,99	294,18	E

Keterangan:

J = Arus jenuh (skr/jam)
 C = Kapasitas simpang (skr/jam)
 Q = Volume lalu lintas (skr/jam)
 Dj = Derajat kejenuhan
 P_A = Panjang antrian (m)

waktu siklus pada simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong. Dari hasil perhitungan waktu siklus optimum dengan menggunakan persamaan (11), (12) dan (13), diperoleh waktu siklus optimum, $s = 172$ detik. Data waktu sinyal setiap kaki simpang setelah dilakukan penyesuaian terhadap waktu sinyal ditunjukkan pada Tabel 9.

8. Waktu Siklus Optimum

Guna meningkatkan tingkat pelayanan (LOS) pada simpang, dilakukan optimalisasi

Tabel 9. Waktu Sinyal dan Waktu Siklus Optimum

Waktu sinyal (detik), Lurus = belok kanan			Waktu siklus (detik)
Merah	Hijau	Kuning	
Jl. Soekarno Hatta – Timur			
94	75	3	172
Jl. Trs Kiara Condong – Selatan			
113	56	3	172
Jl. Soekarno Hatta – Barat			
107	62	3	172
Jl. Kiara Condong – Utara			
114	55	3	172

Dengan waktu siklus, $s = 172$ detik dan penyesuaian waktu hijau (g), diperoleh hasil perhitungan kapasitas simpang, derajat kejenuhan dan panjang antrian pada setiap

kaki simpang dengan menggunakan persamaan (1), (4), (5), (6), (7) dan Tabel 3. Hasil perhitungan tersebut dirangkum pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Kapasitas Simpang, Derajat Kejenuhan dan Panjang Antrian dengan Waktu Siklus Optimum

g (detik)	C (skr/jam)	Q (skr/jam)	Dj	P _A (m)	LOS
Jl. Soekarno Hatta – Timur					
75	3866	3705	0,96	270,65	E

g (detik)	C (skr/jam)	Q (skr/jam)	Dj	P _A (m)	LOS
Jl. Trs Kiara Condong – Selatan					
56	1846	1462	0,79	198,90	D
Jl. Soekarno Hatta – Barat					
62	2982	2386	0,80	221,29	D
Jl. Kiara Condong – Utara					
55	1821	1635	0,90	199,84	E

9. Hasil Analisis

Dari hasil analisis perhitungan simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong, diperoleh:

- Derajat kejenuhan terbesar terjadi pada simpang Jalan Soekarno Hatta – Timur dengan arus jenuh (J) = 8866 skr/jam, kapasitas simpang (C) = 3586 skr/jam, volume lalu lintas (Q) = 3705 skr/jam,

derajat kejenuhan (D_j) = 1,03 dan panjang antrian (P_A) = 402,85 m.

- Untuk waktu siklus optimum (s) = 172 detik, dibandingkan terhadap waktu siklus eksisting (s) = 272 detik, hasil perhitungan derajat kejenuhan dan panjang antrian setiap kaki simpang dirangkum pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan, Panjang Antrian Waktu Siklus Eksisting dan Waktu Siklus Optimum

Waktu siklus eksisting ($s = 172$ detik)			Waktu siklus optimum ($s = 272$ detik)		
Dj	P _A (m)	LOS	Dj	P _A (m)	LOS
Jl. Soekarno Hatta – Timur					
1,03	402,85	F	0,96	270,65	E
Jl. Trs Kiara Condong – Selatan					
0,84	298,16	D	0,79	198,90	D
Jl. Soekarno Hatta – Barat					
0,87	322,02	E	0,80	221,29	D
Jl. Kiara Condong – Utara					
0,99	294,18	E	0,90	199,84	E

SIMPULAN

Dari hasil analisis perhitungan simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong dan dari uraian pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa poin.

Pertama, dengan waktu siklus optimum (s) = 172 detik dibandingkan terhadap waktu siklus eksisting (s) = 272 detik, diperoleh hasil sebagai berikut: Derajat kejenuhan dan panjang antrian pada setiap kaki simpang berkurang. Hal ini menunjukkan kepadatan lalu lintas pada simpang dapat diminimalisir; Tingkat Pelayanan (LOS) di kaki simpang Jalan Soekarno Hatta – Timur meningkat dari LOS F menjadi LOS E dan di kaki simpang Jalan Soekarno Hatta – Barat meningkat dari LOS E menjadi LOS D. Hal

ini menggambarkan tingkat pelayanan (LOS) di kedua kaki simpang tersebut menjadi lebih baik.

Kedua, faktor - faktor yang menyebabkan kepadatan lalu lintas di Kota Bandung diantaranya adalah: Sekitar 70% mobilitas penduduk menggunakan kendaraan pribadi, sedangkan 30% menggunakan angkutan umum; Pertumbuhan panjang jalan di Kota Bandung tidak seimbang dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor; Struktur jaringan transportasi yang belum optimal dan menyeluruh; Infrastruktur jalan yang belum memadai.

Ketiga, faktor - faktor yang menyebabkan kepadatan lalu lintas di

simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong di antaranya adalah: Jalan Soekarno Hatta merupakan bagian dari jaringan jalan nasional yang berperan sebagai jalan penghubung antara kota-kota besar di Jawa bagian selatan. Oleh karena itu ruas jalan ini digunakan oleh kendaraan-kendaraan berat seperti truk dan bus; Fungsi dari jalan Soekarno Hatta adalah sebagai *bypass* atau jalan pemotong. Para pengendara bisa melewati jalan *bypass* ini tanpa perlu melewati jalan protokol yang terletak di bagian tengah kota; Simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong merupakan salah satu jalan utama masyarakat Bandung Timur, Bandung Barat dan Bandung Selatan untuk masuk ke wilayah Bandung Pusat; Di sebelah barat simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong terdapat simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Buah Batu yang terhubung langsung dengan ruas jalan tol Purbaleunyi. Adanya dua simpang sibuk ini menyebabkan perlambatan laju kendaraan bermotor di Jalan Soekarno Hatta; Lingkungan di sekitar simpang Jalan Soekarno Hatta – Jalan Kiara Condong merupakan daerah pemukiman padat penduduk dan daerah komersial seperti pertokoan, kantor pemerintahan, kantor swasta, sekolah dan kampus.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbardin, J., Hendrawan, P., dan Ma'soem, D. M. (2025). Analysis of Signalized Intersection Performance Improvement on PHH. Mustofa Road Section, Bandung City Based on Coordination Intersection Modeling. *ASTONJADRO*, 14(2), 366–375.
- Apriansyah dan Trimurti, E. (2025). Strategi Peningkatan Kinerja dan Keselamatan Jalan di Jalan Sulawesi Kota Pontianak. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 20(2), 134-146.
- Diartama, L. G. M. dan Naibaho, P. R. T. (2025). Penerapan Sistem Satu Arah (SSA) pada Ruas Jalan Raya Serpong -

Evaluasi Kinerja dan (Liberty/ hal. 82-97)

- Muncul Kota Tangerang Selatan dengan Program Vissim. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(2), 823-830.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: DJBM.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: DJBM.
- Gusmulyani. (2020). Optimalisasi Kinerja Simpang Tiga Tak Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga SMKN1). *Jurnal Planologi dan Sipil*, 2(1), 1–15.
- Jotin dan Kent. (2005). *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*. Jakarta: Erlangga.
- Marasabessy, J. F., Ohorella, F. H., dan Amaheka, S. G. M. (2024). Evaluasi Tingkat Pelayanan Jalan Akibat Ahli Fungsi Jalur Pendistribuan. *Jurnal METIKS*, 4(1), 89–99.
- Pehan, R. N., Ircham, dan Anis A., V. D. (2020). Analisis Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI 2014 (Simpang Jlagran Lor, Yogyakarta). *EQUILIB*, 1(2), 89-98.
- Prayitno, E. A., Abidin, Z., dan Huda, M. (2019). Analisis Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jl. Raya Nginden - Jl. Raya Panjang Jiwo Menggunakan PKJI 2014. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 2(1), 23-28.
- Putriningtiazti, A., Azwansyah, H., dan Mayuni, S. (2025). Performance Evaluation of Signalized Intersections Using MKJI 1997, PKJI 2023, and PTV VISSIM Software (Case Study: Jl. Perintis Kemerdekaan-Jl. Tritura-Jl. Sultan Hamid II-Jl. Ya' M. Sabran). *Jurnal Teknik Sipil*, 24(4), 1609–1622.
- Sholahudin, F. dan Hendaridi, A. R. (2020). Analisis Simpang Bersinyal pada Simpang 4 Jl. Siliwangi Kota

Evaluasi Kinerja dan (Liberty/ hal. 82-97)

- Tasikmalaya. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 3(2), 70-75.
- Suryaningsih, O. F., Hermansyah, dan Kurniati, E. (2020). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar). *INERSIA*, 16(1), 74-84.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan & Pemodelan Transportasi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Warsiti, Risman, Satriyadi, L., Mulyono, T., dan Setiawan, D. B. (2022). Kinerja Tundaan Lalu Lintas di Simpang Patung Diponegoro Ngesrep pada Persimpangan Bersinyal Semarang. *Bangun Rekaprima*, 8(2), 59-70.