

SKENARIO OPTIMASI KINERJA PADA SIMPANG BERSINYAL JALAN JOGLO RAYA – JALAN RAYA POS PENGUMBEN KEMBANGAN JAKARTA BARAT

Didi Rahmad¹⁾, Adita Utami*¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina, Jakarta Selatan

Email korespondensi : adita.utami@universitaspertamina.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji manajemen lalu lintas pada persimpangan bersinyal di Jalan Joglo Raya, Kembangan. Persimpangan tersebut terletak di kawasan industri yang sibuk sehingga mengakibatkan antrian dan kemacetan pada jam sibuk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kinerja simpang penerangan dan memberikan alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Tahun 2014. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja simpang eksisting pada kondisi baseline dinilai sangat buruk pada tingkat pelayanan kelas F. (sangat buruk). Hal ini terlihat dari rata-rata tundaan pada simpang sebesar 134,25 detik per kendaraan dan kecepatan rata-rata pada setiap lengan simpang. Kecepatannya 9,79 km/jam menuju Joglo, 11 km/jam menuju Pos Pengumben, 7,89 km/jam menuju Slensen dan 9,72 km/jam menuju Swadharma. Namun, ketika persimpangan tersebut direnovasi dan jalan diperlebar tanpa mengubah lampu lalu lintas atau tahapan pendekatan, kecepatan mobil meningkat secara signifikan. Kecepatannya bertambah menjadi 44 km/jam dari arah Joglo, 49 km/jam dari arah Pos Pengumben, 42 km/jam dari arah Slensen, dan 41 km/jam dari arah Swadharma. Meski mengalami peningkatan, tingkat pelayanan di simpang hanya meningkat hingga Kelas D dan dinilai masih kurang memadai.

Kata kunci : kecepatan, kinerja simpang, simpang bersinyal, tundaan simpang

ABSTRACT

This research examines traffic management at signalized intersections on Jalan Joglo Raya, Kembangan. The intersection is in a busy industrial area, resulting in queues and traffic jams during peak hours. The purpose of this study is to determine the level of performance of lighting intersections and provide alternative solutions to overcome these problems. The methodology used in this study is based on the 2014 Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI). The results of this study indicate that the performance of existing intersections at baseline conditions is considered very poor at the service level class F. (very bad). This can be seen from the average delay at the intersection of 134.25 seconds per vehicle and the average speed at each intersection arm. The speed is 9.79 km/hour towards Joglo, 11 km/hour towards Pengumben Post, 7.89 km/hour towards Slensen and 9.72 km/hour towards Swadharma. However, when the intersection was renovated and the road widened without changing traffic lights or approach stages, car speeds increased significantly. The speed increases to 44 km/hour from the Joglo direction, 49 km/hour from the Pengumben Post, 42 km/hour from the Slensen direction, and 41 km/hour from the Swadharma direction. Despite the increase, the level of service at the intersection has only increased to Class D and is still considered inadequate.

Keywords : speed, intersection performance, signalized intersection, intersection delay

1. PENDAHULUAN

Transportasi memiliki peran krusial dalam kehidupan manusia dengan memfasilitasi pergerakan dan aktivitas sehari-hari (Tulus, 2018). Untuk memastikan transportasi tetap efektif, diperlukan peningkatan sarana dan prasarana sesuai dengan pertumbuhan kehidupan manusia. Tidak melakukan perbaikan dapat menghasilkan permasalahan dalam pelaksanaan transportasi, khususnya dalam konteks perkotaan, seperti kemacetan lalu lintas (Vanidi, 2021). Kemacetan sering kali terjadi akibat ketidakseimbangan antara pertumbuhan kendaraan (3% per tahun) dan peningkatan sarana transportasi (1% per tahun), yang menyebabkan kendaraan melebihi kapasitas jalan yang tersedia (Mu'allimah & Mashpufah, 2022).

DKI Jakarta, sebagai provinsi Indonesia yang kompleks, menghadapi permasalahan transportasi yang serius. Kepadatan lalu lintas menjadi tantangan yang sulit diatasi oleh pemerintah. Bila dibandingkan dengan kota maju, panjang jalan di perkotaan seharusnya mencakup 12-15% dari luas kota, sementara di DKI Jakarta hanya mencapai sekitar 7% dari luas wilayahnya. Ini menunjukkan bahwa panjang jalan di DKI Jakarta hanya setengah dari yang dianggap ideal untuk wilayah perkotaan (Mu'allimah & Mashpufah, 2022).

Selain itu, pertumbuhan jumlah kendaraan di DKI Jakarta tidak seimbang dengan ketersediaan panjang jalan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) DKI Jakarta, pertumbuhan kendaraan pada tahun 2022 meningkat sebesar 4,05%, mencapai total 21.856.081 kendaraan yang terdiri dari sepeda motor, mobil penumpang, truk, dan bus. Peningkatan terbesar terjadi pada sepeda motor (79,175%), diikuti oleh mobil penumpang (17,231%), truk (3,424%), dan bus (2%). Pertumbuhan kendaraan yang signifikan ini menyebabkan kemacetan karena kapasitas jalan tidak mampu menampung volume lalu lintas yang meningkat, terutama pada jam sibuk (peak hour), seperti yang terjadi di Simpang Jalan Joglo Raya yang menuju Jalan Raya Pos Pengumben.

Simpang Jalan Joglo Raya menuju Jalan Raya Pos Pengumben merupakan simpang empat bersinyal yang berada dalam kategori wilayah komersial. Faktor-faktor seperti lokasi strategis yang dikelilingi oleh bengkel, toko, bank, dan dekat dengan sekolah, menyebabkan volume lalu lintas yang tinggi (Bastian, 2021). Dengan pertumbuhan aktivitas lalu lintas yang terus meningkat karena jumlah kendaraan yang bertambah, perlu dilakukan perbaikan. Oleh karena itu, penelitian ini berjudul "Analisis dan Optimasi Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang 4 Jalan Joglo Raya Kembangan Jakarta Barat." Dalam penilaian kinerja dan analisis simpang ini, digunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 sebagai panduan yang diperbarui dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

2. STUDI LITERATUR

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan 2004, jalan dianggap sebagai bagian integral dari sistem transportasi nasional yang memiliki peran penting dalam mendukung perekonomian, sosial dan budaya, serta lingkungan. Pengembangan jalan dilakukan dengan pendekatan pengembangan wilayah yang bertujuan untuk mencapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah, serta memperkuat kesatuan nasional untuk meningkatkan pertahanan dan keamanan nasional. Selain itu, pengembangan jalan juga bertujuan untuk membentuk struktur ruang yang sesuai dengan sasaran pembangunan nasional.

2.1 Klasifikasi Jalan

Paragraf tersebut menjelaskan tentang klasifikasi jalan di Indonesia berdasarkan fungsinya sesuai dengan Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 dan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006. Terdapat empat jenis jalan yang dibedakan berdasarkan fungsinya, yaitu:

- Jalan Arteri: Jalan ini berfungsi sebagai layanan utama untuk angkutan dengan jarak perjalanan yang jauh, kecepatan tinggi, dan jumlah akses terbatas.

- Jalan Kolektor: Jalan ini berfungsi sebagai layanan pengumpul atau pembagi angkutan dengan jarak perjalanan sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah akses terbatas.
- Jalan Lokal: Jalan ini berfungsi sebagai layanan setempat untuk angkutan dengan jarak perjalanan pendek, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah akses tidak terbatas.
- Jalan Lingkungan: Jalan ini berfungsi sebagai layanan lingkungan untuk angkutan dengan jarak perjalanan pendek dan kecepatan rata-rata rendah.

2.2 Manajemen Lalu Lintas

Prinsip dasar manajemen lalu lintas adalah untuk mengoptimalkan penggunaan dan pengaturan fasilitas jalan yang ada dengan tujuan meningkatkan kapasitas dan keamanan lalu lintas tanpa perlu melakukan pelebaran atau pembangunan jalan baru. Sasaran dari manajemen lalu lintas melibatkan tiga hal utama:

- Mengatur dan menyederhanakan arus lalu lintas untuk mengurangi gangguan dan meningkatkan kelancaran lalu lintas dengan memperhatikan berbagai faktor seperti jenis pengguna jalan, kecepatan, dan tipe jalan yang berbeda.
- Mengurangi tingkat kemacetan lalu lintas dengan cara meningkatkan kapasitas jalan atau mengurangi volume lalu lintas pada jalan tertentu.
- Meningkatkan penggunaan yang optimal dari ruas jalan dengan menentukan fungsi jalan dan mengendalikan aktivitas yang tidak sesuai dengan fungsi tersebut.

2.3 Persimpangan

Persimpangan jalan, yang merupakan tempat di mana dua atau lebih ruas jalan bertemu atau bersilangan (Tiandoko, 2019). Tingkat pelayanan persimpangan digunakan untuk mengukur dampak peningkatan volume lalu lintas pada ruas jalan dan dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk jumlah jalur yang memadai, kapasitas, gerakan belokan, radius yang memadai untuk berbagai jenis kendaraan, dan kemiringan jalan yang sesuai. Faktor-faktor ini penting dalam pengaturan dan perancangan persimpangan untuk menjaga aliran lalu lintas yang lancar dan efisien (Wardana, 2023).

Pengaturan lalu lintas di persimpangan sangat penting untuk dilakukan, terutama pada persimpangan dengan volume lalu lintas tinggi. Penggunaan lampu lalu lintas dianggap sangat penting untuk mengurangi kemacetan lalu lintas (Vanidi, 2021). Selain itu, tujuan dilakukan pengaturan persimpangan merupakan upaya untuk mengurangi kecelakaan akibat kondisi titik konflik, menjaga kapasitas persimpangan sesuai dengan rencana, dan memberikan petunjuk yang jelas untuk mengarahkan arus lalu lintas ke jalur yang sesuai (Wardana, 2023).

Dalam persimpangan terbagi menjadi 2 jenis persimpangan jalan, yaitu persimpangan sebidang dan persimpangan tak sebidang. Persimpangan sebidang adalah persimpangan di mana berbagai jalan atau ujung jalan mengarahkan lalu lintas ke jalan yang dapat berlawanan dengan lalu lintas lainnya. Jenis persimpangan sebidang meliputi simpang bersinyal (dengan lampu lalu lintas) dan simpang tak bersinyal (tanpa lampu lalu lintas) (Vanidi, 2021). Persimpangan sebidang dapat memiliki tiga, empat, atau banyak cabang, serta bundaran yang mengelilingi pulau tengah. Di sisi lain, persimpangan tak sebidang adalah persimpangan di mana jalan-jalan tidak berpotongan dan memiliki perbedaan ketinggian. Contoh dari persimpangan tak sebidang termasuk underpass (jalan di bawah) dan flyover (jalan di atas) yang digunakan untuk mengatasi hambatan fisik atau mengurangi kepadatan lalu lintas (Wardana, 2023).

2.4 Kinerja Simpang Bersinyal

Kinerja persimpangan bersinyal jalan sangat penting karena berpengaruh pada keselamatan pengguna jalan dan efektivitas pergerakan kendaraan saat melintasi persimpangan. Kinerja suatu persimpangan didefinisikan sebagai ukuran kuantitatif yang menjelaskan kondisi operasional persimpangan. Ukuran ini umumnya mencakup kapasitas, derajat kejenuhan, kecepatan rata-rata, waktu tempuh, tundaan, peluang antrian, panjang antrian, atau rasio kendaraan berhenti (Wardana, 2023).

Dalam penggunaan lampu lalu lintas sebagai perangkat pengatur lalu lintas pada persimpangan dapat dioperasikan secara manual, mekanis, atau elektrik. Lampu lalu lintas memiliki tiga warna yaitu merah, kuning, dan hijau, yang digunakan untuk memisahkan gerakan lalu lintas dengan perintah atau larangan yang diberikan. Sistem pengendalian lalu lintas pada persimpangan jalan melibatkan berbagai aspek seperti optimalisasi waktu siklus, pemasangan lampu lalu lintas di lokasi dengan volume lalu lintas tinggi, memberikan prioritas kepada bus kota dengan antena pemancar, dan koordinasi antara lampu lalu lintas untuk meningkatkan kelancaran pergerakan kendaraan (Wardana, 2023).

2.5 Ekuivalen Kendaraan Ringan

Pada perhitungan kapasitas, kapasitas ditentukan berdasarkan volume lalu lintas yang melewati setiap lengan simpang. Satuan umum yang digunakan untuk kapasitas jalan adalah kendaraan per jam (*skr/jam*). Namun, data volume lalu lintas yang biasanya dikumpulkan masih dalam satuan kendaraan per jam (*kend/jam*). Oleh karena itu, agar satuan kapasitas jalan dapat disamakan, perlu ada satuan perbandingan antara berbagai jenis kendaraan dengan kendaraan ringan (KR) yang dijadikan sebagai kendaraan acuan dengan nilai satu. Untuk kendaraan berat (KB) dan sepeda motor (SM), nilai ekuivalen terhadap kendaraan ringan (*ekr*) tidak sama dengan satu, mengingat perbedaan dimensi kendaraan dan kemampuan manuver yang berbeda di berbagai tingkat kerapatan dan kecepatan lalu lintas (PKJI, 2014). Berikut nilai *ekr* untuk KR, KB, dan SM dapat dilihat pada **Tabel 1** di bawah ini.

Tabel 1 Ekuivalen kendaraan ringan

Jenis Kendaraan	Ekr Untuk Tipe Pendekat	
	Terlindung	Terlawan
KR	1,00	1,00
KB	1,30	1,30
SM	0,15	0,40

Sumber : PKJI, 2014

Berdasarkan **Tabel 1** di atas, volume lalu lintas dapat dihitung dengan persamaan (1) sebagai berikut.

$$Q \text{ (skr/jam)} = (SM \times ekr) + (KR \times ekr) + (KB \times ekr) \quad (1)$$

2.6 Hambatan Samping

Menurut Pedoman Perencanaan Geometrik Jalan (PKJI) 2014, ada empat faktor yang dapat mengganggu bagian samping jalan, yaitu pejalan kaki, angkutan kota dan bus berhenti, kendaraan masuk dan keluar halaman, serta tempat parkir di luar jalur. Untuk memudahkan perhitungan, hambatan samping diklasifikasikan dalam lima tingkatan, mulai dari sangat rendah hingga sangat tinggi. Penilaian hambatan samping dilakukan dengan mengalikan bobot kejadian dengan frekuensi kejadian hambatan samping sepanjang jalan yang diamati, dengan menggunakan bobot dan kriteria pengaruh yang tercantum dalam **Tabel 2** dan **Tabel 3** yang sesuai berikut ini.

Tabel 2 Pembobotan hambatan sampling

Jenis Hambatan Sampling	Bobot
Pejalan kaki di badan jalan dan yang menyeberang	0,5
Kendaraan umum dan kendaraan lainnya yang berhenti	1
Kendaraan keluar/masuk sisi atau lahan samping jalan	0,7
Arus kendaraan lambat (kendaraan tak bermotor)	0,4

Sumber : PKJI, 2014

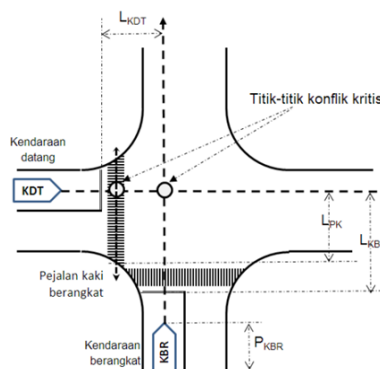
Tabel 3 Kriteria kelas hambatan sampling

Kelas Hambatan Sampling (KHS)	Nilai Frekuensi Kejadian dikali Bobot	Ciri - Ciri Khusus
Sangat Rendah (SR)	< 100	Daerah Permukiman, tersedia jalan lingkungan (<i>frontage road</i>).
Rendah (R)	100- 299	Daerah Permukiman, ada beberapa kendaraan umum (angkot).
Sedang (S)	300 - 499	Daerah Industri, ada beberapa toko di sepanjang sisi jalan.
Tinggi (T)	500 - 899	Daerah Komersil, ada aktivitas sisi jalan yang tinggi.
Sangat Tinggi (ST)	> 900	Daerah Komersil, ada aktivitas pasar di sisi jalan.

Sumber : PKJI, 2014

2.7 Penggunaan Isyarat

Pada suatu simpang, terdapat titik konflik yang menyebabkan hambatan kendaraan dan meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan sehingga diperlukan fase pengosongan area konfiik yang disebut merah semua. Fase Msemua dirancang untuk mengosongkan area konflik di dalam simpang, memberikan kesempatan terakhir bagi pengendara untuk melintasi simpang sebelum fase berikutnya dimulai. Pengaturan Msemua mempertimbangkan faktor-faktor seperti kecepatan, jarak kendaraan dari garis henti menuju titik konflik, serta panjang kendaraan yang berangkat. Dengan memperhitungkan faktor-faktor tersebut, fase Msemua diatur agar kendaraan di dalam simpang memiliki waktu yang cukup untuk melewati titik konflik sebelum fase berikutnya dimulai (PKJI, 2014). Terdapat juga ilustrasi titik konflik kritis pada simpang untuk keberangkatan dan kedatangan yang disajikan dalam **Gambar 1**.



Gambar 1 Titik konflik kritis untuk keberangkatan dan kedatangan

Sumber: PKJI, 2014

Setiap titik konflik kritis yang terjadi pada masing – masing fase akan menghasilkan Msemua tersebar. Adapun persamaan (2) yang digunakan untuk menentukan Msemua sebagai berikut.

$$M_{semua} = \left\{ \frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}} \right\} \quad (2)$$

Keterangan:

L_{KBR}, L_{KDT}, L_{PK} = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing – masing untuk kendaraan yang berangkat, kendaraan yang datang, dan pejalan kaki (m).

P_{KBR} = Panjang kendaraan yang berangkat (m).

V_{KBR}, V_{KDT}, V_{PK} = Kecepatan untuk masing – masing kendaraan berangkat, kendaraan datang, dan pejalan kaki (m/det)

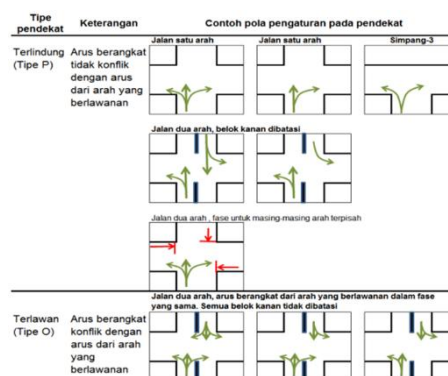
Setelah waktu periode Msemua pada akhir setiap fase simpang ditentukan, total waktu hilang hijau (HH) dapat dihitung dengan menjumlahkan waktu antar fase hijau yang terjadi. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

$$H_H = \sum (M_{semua} + K) \quad (3)$$

2.8 Tipe Pendekat

Dalam tahap analisis kapasitas pada setiap pendekat di simpang, perlu dilakukan secara terpisah sesuai dengan kapasitas pada setiap fase pendekat. Selain itu, perbedaan dalam tipe pendekat juga harus dipertimbangkan secara terpisah dalam proses analisis. Jika suatu pendekat memiliki tipe pendekat baik terlindung maupun terlawan, maka proses analisis harus dipisahkan berdasarkan ketentuan yang berlaku untuk masing-masing tipe pendekat.

Perbedaan tipe pendekat memengaruhi pergerakan kendaraan, pola konflik, dan kapasitas pada setiap pendekat. Dengan memisahkan analisis berdasarkan kapasitas dan tipe pendekat, kita dapat melakukan penilaian yang lebih akurat terhadap kinerja lalu lintas pada setiap pendekat dan mengidentifikasi masalah serta memberikan solusi yang sesuai. Hal ini berkontribusi pada perencanaan dan pengaturan simpang yang lebih efisien untuk mencapai lalu lintas yang optimal dan meningkatkan pengalaman pengguna jalan. Ilustrasi penentuan tipe pendekat dapat dilihat dalam **Gambar 2** berikut.



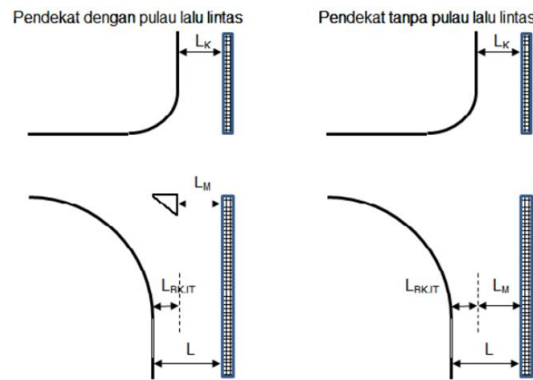
Gambar 2 Penentuan tipe pendekat

Sumber: PKJI, 2014

2.9 Lebar Efektif

Dalam menentukan lebar pendekat efektif (L_E) pada sebuah simpang, beberapa variabel penting harus dipertimbangkan, termasuk lebar ruas pendekat (L), lebar masuk (L_M), dan lebar keluar (L_K). Jika kondisinya memungkinkan belok kiri jalan terus (B_{KIJT}) tanpa mengganggu arus lurus dan arus belok kanan saat isyarat merah, L_E akan dipilih berdasarkan nilai terkecil antara L_K dan selisih L_M dengan lebar belok kiri jalan terus (L_{BKIJT}). Pada pendekat dengan tipe terlindung,

penentuan L_M mempertimbangkan situasi ketika L_K lebih kecil dari hasil perkalian L_M dengan faktor pengurangan $(1 - R_{BKa} - R_{BKl})$. Jika kondisi tersebut terpenuhi, L_E akan sama dengan L_K . Analisis waktu isyarat pada pendekat ini hanya memperhitungkan arus lurus. Penentuan L_E pada pendekat dengan atau tanpa pulau lalu lintas dapat dilihat dalam **Gambar 3** yang memberikan ilustrasi visual tentang cara mencari nilai L_E .



Gambar 3 Lebar pendekat dengan dan tanpa pulau lalu lintas

Sumber: PKJI, 2014

Dalam penentuan lebar efektif, diperbolehkan belok kiri pada masing-masing pendekat, tetapi dengan beberapa syarat. Jika lebar belok kiri jalan terus (L_{BKIJT}) lebih besar atau sama dengan 2 meter ($L_{BKIJT} \geq 2$ m), dan diasumsikan bahwa kendaraan yang belok kiri dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat saat isyarat merah, maka perhitungan lebar pendekat efektif (L_E) menggunakan persamaan (4). Dalam persamaan ini, L_E diambil sebagai nilai terkecil antara lebar keluar (L_K) dan selisih antara lebar masuk (L_M) dengan L_{BKIJT} . Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa L_E mencukupi bagi kendaraan yang belok kiri tanpa mengganggu kendaraan lain di pendekat.

$$L_E = \min \left\{ \begin{array}{l} L - L_{BKIJT} \\ L_M \end{array} \right. \quad (4)$$

Jika lebar belok kiri jalan terus (L_{BKIJT}) kurang dari 2 meter ($L_{BKIJT} < 2$ m), dan diasumsikan bahwa kendaraan yang belok kiri tidak dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat saat isyarat merah, maka perhitungan L_E menggunakan persamaan (5). Dalam persamaan ini, jika L_K kurang dari hasil perkalian L_M dengan selisih dari 1 dikurangi dengan persentase ruas belok kanan (R_{BKa}) dan persentase ruas belok kiri (R_{BKl}), maka nilai L_E akan diambil sama dengan L_K . Hal ini berlaku hanya untuk pendekat dengan tipe terlindung (P), di mana hanya analisis arus lurus yang digunakan dalam perhitungan waktu isyarat.

$$L_E = \min \left\{ \begin{array}{l} L \\ L_M + L_{BKIJT} \\ L \times (1 + R_{BKIJT}) - L_{BKIJT} \end{array} \right. \quad (5)$$

2.10 Arus Jenuh

Arus jenuh dapat dihitung dengan mengalikan arus jenuh dasar (S_0) dengan faktor penyesuaian untuk menyimpang dari kondisi eksisting terhadap kondisi ideal. Arus jenuh adalah kondisi arus maksimum yang diukur dalam bentuk ekuivalen kendaraan ringan (ekr) yang dapat terus menerus mengalir melewati garis henti persimpangan selama periode isyarat hijau. Untuk menentukan arus jenuh, digunakan persamaan (6).

$$S = S_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKl} \times F_{BKk} \quad (6)$$

Keterangan:

- S = Arus jenuh (skr/jam)
 S_0 = Arus jenuh dasar (skr/jam)
 F_{HS} = Faktor penyesuaian S_0 akibat HS lingkungan jalan
 F_{UK} = Faktor penyesuaian S_0 terkait ukuran kota
 F_G = Faktor penyesuaian S_0 akibat kelandaian memanjang pendekat
 F_P = Faktor penyesuaian S_0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama
 F_{BKl} = Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri
 F_{BKk} = Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan

Untuk nilai arus jenuh dasar, dapat ditentukan dengan menggunakan 2 cara berdasarkan tipe pendekat simpang.

- Tipe Pendekat Terlindung (Tipe P)

Untuk tipe pendekat terlindung (tipe P), nilai S_0 dapat dihitung dengan persamaan (7) berikut.

$$S_0 = L_E \times 600 \quad (7)$$

- Tipe Pendekat Terlawan (Tipe O)

Untuk tipe pendekat tak terlindung atau terlawan (tipe O), nilai S_0 dapat ditentukan dengan menggunakan diagram dengan nilai yang dipakai berupa lebar efektif (L_E), arus belok kanan yang ditinjau (QBK_k), dan arus belok kanan arah berlawanan (QBK_k, O). Terdapat dua kriteria yang dapat diikuti berdasarkan keadaan simpang yang ditinjau yaitu simpang tidak dilengkapi jalur belok kanan terpisah dan simpang yang dilengkapi jalur belok kanan terpisah.

2.11 Rasio Arus Jenuh

Dalam menentukan rasio arus, ada beberapa pertimbangan penting. Pertama, jika arus belok kiri jalan terus (B_{KIT}) harus dipisahkan dari analisis, hanya arus lurus dan belok kanan yang dihitung sebagai volume lalu lintas (Q). Kedua, jika panjang lintasan pendekat (L_E) sama dengan panjang lintasan keluaran (L_K), hanya arus lurus yang dimasukkan dalam perhitungan rasio arus. Ketiga, jika pendekat memiliki 2 fase (arus terlawan dan terlindung), arus gabungan dihitung dengan pembobotan seperti dalam perhitungan arus jenuh, dengan kedua fase arus diberi bobot sesuai aturan yang berlaku. Persamaan (8) digunakan untuk menghitung nilai rasio arus dan menjelaskan proses perhitungannya.

$$R_{Q/S} = \frac{Q}{S} \quad (8)$$

Keterangan:

- $R_{Q/S}$ = Rasio arus jenuh
 Q = Arus lalu lintas (skr/jam)
 S = Arus jenuh

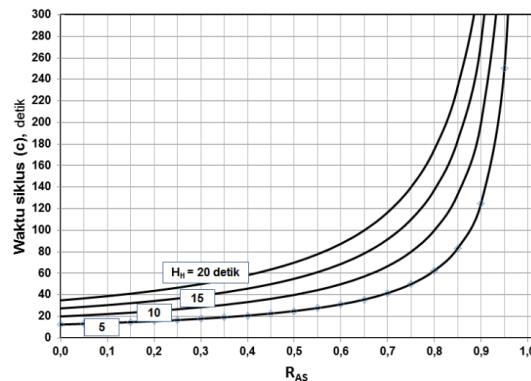
2.12 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus lengkap dari serangkaian fase pada sistem isyarat lampu lalu lintas. Ini mencakup semua pergerakan lalu lintas dari fase hijau hingga kembali ke fase hijau. Penentuan waktu isyarat melibatkan waktu siklus (C) dan waktu hijau (H), dengan rumus Webster (1966) digunakan untuk meminimalkan tundaan total

pada persimpangan. Waktu siklus dapat dihitung menggunakan persamaan (9) atau dengan panduan visual dalam **Gambar 4**, sementara waktu hijau ditetapkan menggunakan persamaan (10)

$$c = \frac{(1,5 \times H_H + 5)}{1 - \sum R_{Q/skritis}} \quad (9)$$

$$H_i = (c - H_H) \times \frac{R_{Q/skritis}}{\sum (R_{Q/skritis})_i} \quad (10)$$



Gambar 4 Penetapan waktu siklus sebelum penyesuaian

Sumber: PKJI, 2014

PKJI 2014 menyarankan agar waktu siklus sesuai dengan tipe pengaturan fase yang digunakan pada suatu simpang. **Tabel 4** dalam PKJI 2014 memberikan rekomendasi waktu siklus yang sesuai untuk berbagai tipe pengaturan fase pada simpang.

Tabel 4 Waktu siklus yang disarankan

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (det)
Pengaturan 2 fase	40 - 80
Pengaturan 3 fase	50 - 100
Pengaturan 4 fase	80 - 130

Sumber: PKJI, 2014

2.13 Kapasitas Simpang

PKJI tahun 2014 mendefinisikan kapasitas sebagai jumlah maksimum arus lalu lintas yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu, dengan satuan kendaraan per jam atau skr per jam. Untuk menghitung kapasitas simpang bersinyal, PKJI memberikan persamaan (11), yang digunakan untuk mengestimasi kapasitas simpang bersinyal berdasarkan variabel-variabel yang relevan.

$$C = S \times \frac{H}{c} \quad (11)$$

Keterangan:

C = Kapasitas simpang bersinyal (skr/jam)

S = Arus jenuh (skr/jam)

c = Waktu siklus (detik)

H = Total waktu hijau dalam satu siklus (detik)

2.14 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah ukuran yang membandingkan rasio antara arus lalu lintas aktual dan kapasitas jalan pada segmen jalan tertentu. Hal ini penting dalam menilai tingkat kinerja suatu segmen jalan (Wardana, 2023). PKJI menyediakan Persamaan (12) untuk menghitung derajat kejenuhan berdasarkan nilai arus lalu lintas dan kapasitas jalan yang relevan dalam pengukuran kinerja jalan tersebut.

$$D_j = \frac{Q}{C} \quad (12)$$

Keterangan:

D_j = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (skr/jam)

C = Kapasitas (skr/jam)

2.15 Panjang Antrean

Panjang antrean merupakan jumlah kendaraan yang berada dalam antrean pada setiap jalur simpang saat lampu lalu lintas berwarna merah. Untuk menghitung panjang antrean, dihitung terlebih dahulu jumlah antrean rata-rata kendaraan menggunakan persamaan (13), persamaan (14), dan persamaan (15) berikut:

- Untuk $D_j > 0,5$

$$N_{Q1} = 0,25 \times c \times \left\{ (D_j - 1)^2 + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{c}} \right\} \quad (13)$$

- Untuk $D_j < 0,5$; maka $N_{Q1} = 0$

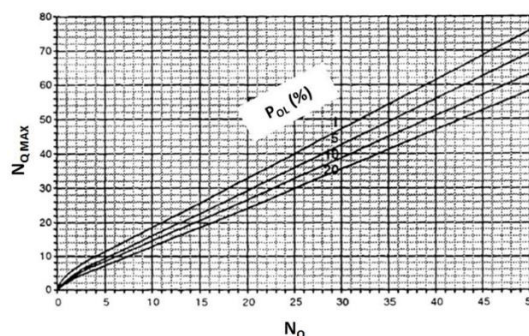
$$N_{Q2} = c \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_j)} \times \frac{Q}{3600} \quad (14)$$

$$N_Q = N_{Q1} + N_{Q2} \quad (15)$$

Panjang antrean (PA) dapat dihitung dengan mengalikan jumlah rata-rata antrean kendaraan (N_Q) dalam satuan kendaraan/jam dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu kendaraan ringan (ekr), yang diasumsikan sebesar 20 m², kemudian dibagi dengan lebar masuk (m). Berikut adalah persamaan (16) yang digunakan.

$$PA = N_{Qmax} \times \frac{20}{L_M} \quad (16)$$

Koreksi dilakukan untuk mengevaluasi pembebanan yang melebihi kapasitas normal (N_Q) pada simpang. Jika diinginkan peluang terjadinya pembebanan sebesar P_{OL} (%) tertentu, langkah tersebut dapat dilakukan dengan menetapkan nilai N_{QMAX} menggunakan Gambar 5 sebagai panduan.



Gambar 5 Jumlah antrean maksimum (N_{QMAX}), skr, sesuai dengan peluang untuk beban lebih (P_{OL}) dan N_Q
Sumber: PKJI, 2014

2.16 Rasio Kendaraan Henti

Rasio kendaraan henti adalah perbandingan antara jumlah kendaraan yang harus berhenti di pendekat simpang karena lampu lalu lintas berwarna merah sebelum melintasi simpang, terhadap jumlah total arus kendaraan pada fase yang sama. Persamaan (17) digunakan untuk menghitung rasio kendaraan henti ini.

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_Q}{Q \times c} \times 3600 \quad (17)$$

Keterangan:

RKH = Rasio kendaraan henti

NQ = Jumlah rata-rata antrean kendaraan(skr) pada waktu awal isyarat hijau (detik)

Q = Arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau (skr/jam)

c = Waktu siklus (detik)

2.17 Tundaan Simpang

Tundaan adalah waktu total hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan saat melewati suatu simpang. Tundaan ini dapat disebabkan oleh dua faktor, yaitu tundaan lalu lintas (TL) dan tundaan geometrik (TG). Tundaan rata-rata pada pendekat i dapat dihitung menggunakan persamaan (18) berikut:

$$T_i = T_L + T_G \quad (18)$$

- Tundaan Lalu Lintas (TL), adalah tundaan yang disebabkan oleh interaksi antara kendaraan pada suatu simpang dengan gerakan lalu lintas lainnya. Untuk menghitung tundaan lalu lintas, digunakan persamaan (19) berikut:

$$T_L = c \times \frac{0,5 \times (1-R_H)^2}{(1-R_H \times D_j)} + \frac{N_Q \times 3600}{c} \quad (19)$$

- Tundaan Geometri (TG), adalah tundaan yang disebabkan oleh percepatan atau perlambatan kendaraan saat melakukan belok di persimpangan atau saat berhenti di lampu merah. Untuk menghitung tundaan geometrik, digunakan persamaan (20) berikut:

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (20)$$

2.18 Tingkat Pelayanan (Level of Service)

Tingkat pelayanan simpang adalah ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi kondisi lalu lintas yang dapat diterima oleh pengemudi kendaraan. Biasanya dikelompokkan dalam tingkat A hingga F dan digunakan sebagai indikator dampak peningkatan volume lalu lintas pada ruas jalan. Kriteria tertentu digunakan untuk menentukan tingkat pelayanan suatu simpang, seperti yang dijelaskan dalam **Tabel 5**.

Tabel 5 Kriteria tingkat pelayanan simpang bersinyal

Tingkat Pelayanan	Tundaan (Delay) (det/skr)	Keterangan
A	< 5,0	Baik Sekali
B	5,1 - 15	Baik
C	15,1 - 25	Sedang
D	25,1 - 40	Kurang
E	40,1 - 60	Buruk
F	> 60	Buruk Sekali

Sumber: PKJI, 2014

2.19 Kapasitas Jalan Perkotaan

Dalam PKJI 2014, perhitungan jalan perkotaan mengharuskan memperhatikan beberapa aspek penting. Berikut adalah beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam perhitungan jalan perkotaan:

- Kecepatan Arus Bebas (V_B)

Dalam menentukan kecepatan arus bebas (V_B) pada suatu segmen jalan, kendaraan ringan (KR) digunakan sebagai nilai V_B dasar untuk mengevaluasi kinerja jalan. Sementara kecepatan arus bebas untuk jenis kendaraan lain seperti sepeda motor (SM) dan kendaraan berat (KB) hanya berfungsi sebagai referensi atau tujuan lainnya. Kecepatan arus bebas untuk KR biasanya sekitar 10-15% lebih tinggi daripada tipe kendaraan lainnya, dan perhitungan V_B dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (21) yang tercantum dalam sumber yang relevan (PKJI, 2014).

$$V_B = (V_{BD} + V_{BL}) \times FV_{BHS} \times FV_{BUK}$$

Keterangan:

V_B = Kecepatan arus bebas untuk KR pada kondisi lapangan (km/jam)

V_{BD} = Kecepatan arus bebas dasar untuk KR

V_{BL} = Nilai penyesuaian kecepatan akibat lebar jalan (km/jam)

FV_{BHS} = Faktor penyesuaian kecepatan bebas akibat hambatan samping pada jalan yang memiliki bahu atau jalan yang dilengkapi kereb/trotoar dengan jarak kereb ke penghalang terdekat

FV_{BUK} = Faktor penyesuaian kecepatan bebas untuk ukuran kota

- Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan merujuk pada jumlah kendaraan maksimum yang dapat diakomodasi oleh suatu segmen jalan dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti geometri jalan, kondisi lalu lintas, dan lingkungan. Untuk tipe jalan tak terbagi seperti 2/2TT dan 4/2TT, volume lalu lintas total dua arah menjadi faktor penentu. Namun, pada tipe jalan terbagi seperti 4/2T, 6/2T, dan 8/2T, kapasitas dihitung secara terpisah untuk setiap arah lalu lintas. Persamaan 2.27 digunakan untuk menghitung kapasitas jalan sesuai dengan kondisi yang ada (PKJI, 2014).

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$$

Keterangan:

C = Kapasitas, skr/jam

C_0 = Kapasitas dasar, skr/jam

FC_{LJ} = Faktor penyesuaian kapasitas terkait lebar lajur atau jalur lalu lintas

FC_{PA} = Faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisahan arah, hanya jalan tak terbagi

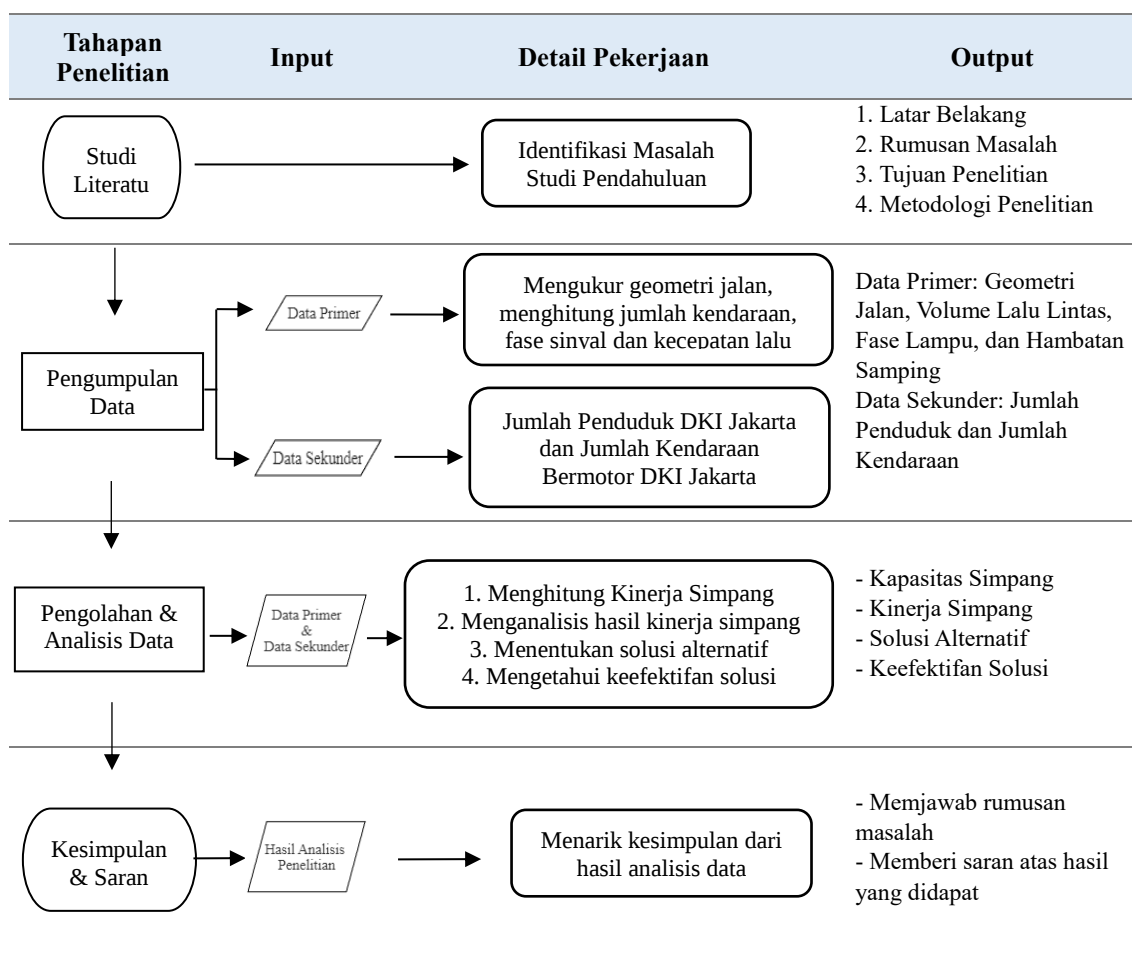
FC_{HS} = Faktor penyesuaian kapasitas terkait KHS pada jalan berbahu atau berkereb

FC_{UK} = Faktor penyesuaian kapasitas terkait ukuran kota

3. METODOLOGI

Dalam penelitian ini, metode analisis data akan mengikuti Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014, yang mencakup beberapa tahap perhitungan untuk menghasilkan solusi dari permasalahan lalu lintas. Hasil perhitungan termasuk penentuan waktu isyarat, kapasitas simpang, derajat kejenuhan, panjang antrean, rasio kendaraan henti, tundaan, dan kecepatan kendaraan. Analisis terhadap hasil ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja simpang dengan memberikan solusi yang sesuai untuk mengatasi masalah yang ada. Diagram alir tahapan penelitian terdapat dalam **Tabel 6**.

Tabel 6 Diagram Alir Penelitian

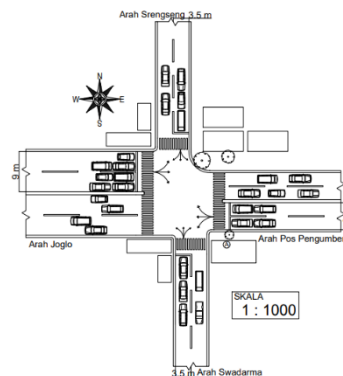


Tabel 6 merinci tahapan penelitian yang dimulai dengan mengidentifikasi masalah, merumuskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, dan metodologi penelitian. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data, termasuk data primer dari survei lapangan di simpang Joglo - Pos Pengumben, yang mencakup volume lalu lintas, hambatan samping, geometri jalan, dan pengaturan fase lampu lalu lintas yang dilakukan dengan survei pada ke lokasi simpang yang diamati. Kemudian, data sekunder seperti jumlah penduduk Jakarta Barat dan jumlah kendaraan bermotor di DKI Jakarta yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Analisis melibatkan analisis kapasitas, kinerja simpang, penyusunan solusi alternatif, dan peramalan efektivitas solusi dalam 5 tahun mendatang. Hasil analisis ini akan digunakan untuk menyimpulkan masalah yang ada dan memberikan solusi dalam bentuk manajemen simpang untuk meningkatkan kinerja simpang.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Geometri

Lokasi penelitian berada pada persimpangan Jalan Joglo Raya – Jalan Raya Pos Pengumben daerah Jakarta Barat. Persimpangan ini adalah persimpangan bersinyal dengan empat lengan dan masing-masing pendekat memiliki dua lajur jalan. Jalan Joglo Raya dan Jalan Raya Pos Pengumben dibatasi oleh median jalan, sedangkan untuk Jalan Srengseng Raya dan Jalan Swadarma Raya tidak terdapat median yang membatasi jalan. Ilustrasi geometri jalan dapat dilihat pada **Gambar 6** dan **Tabel 7** berikut.:



Gambar 6 Layout geometri simpang

Tabel 7 Hasil survei geometri

ARAH JOGLO (m)		ARAH POS PENGUMBEN (m)		ARAH SRENGSENG (m)		ARAH SWADHARMA (m)	
L	= 9.00	L	= 6.00	L	= 3.50	L	= 3.50
LK	= 6.00	LK	= 9.00	LK	= 3.50	LK	= 3.50
LM	= 9.00	LM	= 6.00	LM	= 3.50	LM	= 3.50
LPK	= 5.35	LPK	= 6.54	LPK	= 9.65	LPK	= 14.20
LKDT	= 8.53	LKDT	= 8.48	LKDT	= 6.53	LKDT	= 6.18
LKBR	= 9.87	LKBR	= 10.16	LKBR	= 19.05	LKBR	= 18.80
LBKIJT	= 0.00	LBKIJT	= 0.00	LBKIJT	= 0.00	LBKIJT	= 0.00
PKBR	= 5.00	PKBR	= 5.00	PKBR	= 5.00	PKBR	= 5.00

4.2 Hambatan Samping

Persimpangan Joglo - Pos Pengumben terletak di area komersial yang padat dengan berbagai jenis kegiatan di sekitarnya, seperti pejalan kaki, kendaraan berhenti, keluar-masuk kendaraan, dan kendaraan yang melambat. Aktivitas ini mengganggu pergerakan kendaraan di persimpangan dan berpotensi menyebabkan kemacetan. Data survei hambatan samping pada hari Selasa telah dikumpulkan dan dapat dilihat pada **Tabel 8** berikut.

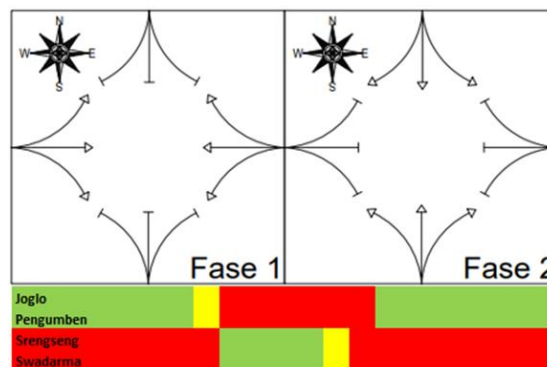
Tabel 8 Hasil survei hambatan samping

Tipe Kejadian Hambatan Samping	Simbol	Jumlah	Bobot	Nilai
Pejalan Kaki	PED	212	0.5	106
Parkir, Kendaraan Berhenti	SV	128	1	128
Kendaraan Masuk + Keluar	EEV	126	0.7	88.2
Kendaraan Lambat	SMV	35	0.4	14
			Total	336.2

Berdasarkan data yang ada dalam **Tabel 8**, dapat disimpulkan bahwa kelas hambatan sampling (KHS) di simpang Joglo – Pos Pengumben pada hari Selasa tergolong dalam kategori “Sedang”. Hal ini dapat diamati dari hasil survei yang menunjukkan angka sekitar 336.2, yang mendekati angka 336, dan berada dalam rentang antara 300 hingga 499.

4.3 Fase Sinyal

Persimpangan Joglo - Pos Pengumben dilengkapi dengan lampu lalu lintas pada setiap lengan jalan. Persimpangan ini memiliki empat lengan jalan dan terdiri dari dua fase dengan durasi yang berbeda. Hasil survei mengenai fase lampu lalu lintas telah diperoleh dan dijelaskan dalam **Tabel 9** dan **Tabel 10**, serta diilustrasikan dalam **Gambar 7**.



Gambar 7 Fase lalu lintas

Tabel 9 Fase sinyal pagi hingga siang

Jalan	Fase Sinyal (detik)		
	Merah	Kuning	Hijau
Joglo	45	2	75
Pengumben	45	2	75
Srengseng	90	2	40
Swadarma	90	2	40

Tabel 10 Fase sinyal sore

Jalan	Fase Sinyal (detik)		
	Merah	Kuning	Hijau
Joglo	43	2	98
Pengumben	43	2	98
Srengseng	103	2	38
Swadarma	103	2	38

4.4 Arus Lalu Lintas (Q)

Arus lalu lintas diperoleh dari survei pada lokasi simpang. Kemudian, dihitung dan diubah satuan dari kendaraan per jam (kend/jam) menjadi satuan kendaraan ringan per jam (skr/jam) dengan bantuan nilai ekivalen kendaraan ringan sesuai pada **Tabel 1**. Berikut total arus lalu lintas yang diperoleh pada simpang dengan hari yang memiliki intensitas arus tertinggi dan rentang jam puncak (peak hour) antara jam 16.45 – 17.45 yang dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11 Arus lalu lintas pada peak hour, Selasa 18 Juli 2023

Jalan	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor			Total Kendaraan Bermotor
		Sepeda Motor (SM) (skr/jam)	Kendaraan Ringan (KR) (skr/jam)	Kendaraan Berat (KB) (skr/jam)	
Joglo Raya	Kiri	316	163	20	498
	Lurus	1506	838	21	2365
	Kanan	47	78	7	131
	Total	1869	1079	47	2995
Raya Pos Pengumben	Kiri	133	127	30	290
	Lurus	792	304	18	1114
	Kanan	80	53	21	154
	Total	1005	484	69	1558
Srengseng	Kiri	61	76	9	146
	Lurus	192	96	9	298
	Kanan	161	78	8	247
	Total	415	250	26	691
Swadharma	Kiri	103	57	20	179
	Lurus	155	152	40	348
	Kanan	156	115	21	292
	Total	414	324	81	819

4.5 Kapasitas Simpang (C)

Kapasitas simpang merujuk pada arus lalu lintas maksimum yang dapat ditampung oleh sebuah simpang saat mencapai kondisi puncaknya. Nilai kapasitas simpang dinyatakan dalam satuan skr/jam. Perhitungan kapasitas simpang dilakukan menggunakan persamaan (11), dan berikut hasil kapasitas simpang pada **Tabel 12**.

Tabel 12 Hasil kapasitas simpang

Nama Jalan	C (skr/jam)
Joglo	5952
Pos Pengumben	3461
Srengseng	2485
Swadharma	3043

4.6 Derajat Kejenuhan (Dj)

Derajat kejenuhan adalah perbandingan antara arus jenuh maksimum saat puncak dengan kapasitas simpang. Semakin rendah nilai derajat kejenuhan, semakin baik kondisi simpang dan semakin terhindar dari kemacetan. Berikut hasil derajat kejenuhan yang diperoleh pada **Tabel 13**.

Tabel 13 Hasil derajat kejenuhan simpang

Nama Jalan	Derajat Kejenuhan
Joglo	0.50
Pos Pengumben	0.45
Srengseng	0.28
Swadharma	0.27

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, nilai derajat kejenuhan berada di bawah nilai standar yang disarankan dalam PKJI 2014 yaitu 0.85. Meskipun demikian, kondisi nyata pada simpang menunjukkan sebaliknya dengan kondisi yang cukup jenuh dan dapat menyebabkan kemacetan. Oleh karena itu, langkah perencanaan ulang diperlukan untuk mengurangi kondisi jenuh dan memenuhi standar yang disyaratkan.

4.7 Panjang Antrean (PA)

Besarnya panjang antrean dipengaruhi oleh nilai derajat kejenuhan yang diperoleh, semakin besar derajat kejenuhan maka akan semakin panjang antrean kendaraan. Selain itu, panjang antrean juga dipengaruhi oleh lebar masuk simpang. Berikut hasil panjang antrean yang dirangkum dalam **Tabel 14**.

Tabel 14 Hasil panjang antrean pada simpang

Nama Jalan	PA (meter)
Joglo	155.56
Pos Pengumben	233.33
Srengseng	400.00
Swadharma	400.00

Untuk membandingkan hasil perhitungan, survei panjang antrean dilakukan pada kondisi puncak, dan hasilnya dicatat dalam **Tabel 15**. Terdapat perbedaan yang signifikan dari hasil survei di lapangan jika dibandingkan dengan hasil perhitungan. Hal tersebut dipengaruhi oleh faktor perilaku pengemudi, ketidakaturan antrean saat berhenti, dan geometri simpang yang kurang ideal sehingga menyebabkan perbedaan hasil tersebut.

Tabel 15 Hasil survei panjang antrean pada kondisi puncak

Nama Jalan	Survei PA (m)
Joglo	135
Pos Pengumben	110
Srengseng	109
Swadharma	116

4.8 Rasio Kendaraan Henti (RKH)

Rasio kendaraan berhenti merujuk pada perbandingan antara jumlah kendaraan yang berhenti di suatu lengan simpang saat isyarat merah sebelum melewati simpang, dibandingkan dengan jumlah arus pada fase yang sama. Berikut hasil perhitungan rasio kendaraan berhenti dapat ditemukan dalam **Tabel 16**.

Tabel 16 hasil rasio kendaraan henti

Lengan Simbang	RKH
Joglo	0.49
Pos Pengumben	0.46
Srengseng	0.65
Swadharma	0.65

Setelah itu, menentukan jumlah kendaraan yang berhenti dengan mengalikan nilai rasio kendaraan berhenti dengan besar arus lalu lintas pada kondisi puncak. Berikut hasilnya yang dirangkum dalam **Tabel 17**.

Tabel 17 hasil jumlah kendaraan henti pada simpang

Lengan Simbang	NH (skr)
Joglo	1453
Pos Pengumben	721
Srengseng	448
Swadharma	529

4.9 Tundaan Simbang

Tujuan dari perhitungan tundaan adalah untuk memahami tingkat pelayanan dari setiap pendekat di simpang atau sebagai indikator kinerja simpang secara keseluruhan. Untuk memperoleh tundaan simpang, terlebih dahulu menentukan nilai tundaan untuk setiap lengan simpang. Setelah itu, dihitung tundaan simpang dengan nilai tundaan setiap lengan yang dikalikan arus lalu lintas dan dibagi total arus lalu lintas. Berikut hasil perhitungan tundaan simpang pada **Tabel 18**.

Berdasarkan hasil perhitungan pada **Tabel 18**, dapat disimpulkan bahwa tundaan rata-rata simpang Joglo - Pos Pengumben adalah 134,25 detik/skr. Merujuk pada **Tabel 5**, nilai tundaan yang diperoleh tersebut sangat tinggi, menandakan bahwa simpang Joglo - Pos Pengumben mengalami kemacetan dalam kondisi jenuh. Dengan demikian, berdasarkan analisis ini, simpang Joglo - Pos Pengumben termasuk dalam kategori F (buruk sekali) karena nilai tundaan > 60 detik/skr.

Tabel 18 Hasil tundaan simpang

Lengan Simbang	Tundaan Simbang (det/skr)
Joglo	41.16
Pos Pengumben	31.51
Srengseng	29.99
Swadharma	31.60
Total	134.25

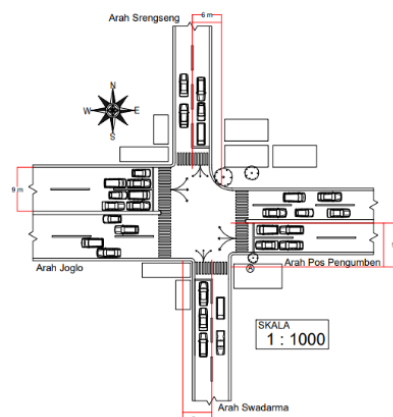
Selain itu, hasil tundaan simpang didukung dengan kecepatan rata-rata kendaraan yang melintasi simpang pada masing-masing lengan. Kecepatan rata-rata arah Joglo sebesar 9,790 km/jam, arah Pos Pengumben sebesar 11,004 km/jam, arah Srengseng sebesar 7,887 km/jam, dan arah Swadharma sebesar 9,716 km/jam.

4.10 Solusi Alternatif Simpang

Berdasarkan hasil analisis kinerja simpang bersinyal, nilai derajat kejenuhan semuanya rendah, dengan nilai di bawah 0,5 ($D_j \leq 0,5$), menunjukkan kondisi lalu lintas yang relatif baik. Namun, tingkat kemacetan di simpang Joglo - Pos Pengumben dapat dilihat dari tingginya nilai tundaan rata-rata simpang, mencapai 134,25 detik/skr. Selain itu, panjang antrean kendaraan di setiap lengan juga cukup signifikan, seperti panjang antrean 155,56 meter untuk arah Joglo, 233,33 meter untuk arah Pos Pengumben, serta 400 meter untuk arah Srengseng dan Swadharma. Hasil ini menunjukkan bahwa simpang ini berada dalam kategori F, yang mencerminkan kinerja yang sangat buruk. Oleh karena itu, perlu diambil tindakan untuk mengurangi tundaan di simpang ini. Beberapa solusi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja simpang termasuk pelebaran jalan tanpa mengubah fase sinyal dan pendekat simpang, pelebaran jalan dengan mengubah fase sinyal dan pendekat simpang, serta perencanaan underpass di simpang ini.

- Pelebaran Jalan Tanpa Mengubah Fase Sinyal dan Pendekat Simpang

Pada tahap modifikasi, fokus akan diberikan pada pelebaran jalan di tiga lengan simpang, yaitu arah Pos Pengumben, Srengseng, dan Swadharma. Pelebaran jalan didasari oleh besarnya arus lalu lintas masuk pada ketiga arah tersebut dengan nilai lebar jalan mengacu pada kondisi ideal pada setiap lengan (Bina Marga, 1997). Selain itu, apabila dilakukan pelebaran jalan maka faktor pengali dalam perhitungan juga akan ikut membesar sehingga dapat meningkatkan kapasitas simpang dan kinerja simpang. Berikut ilustrasi pelebaran jalan disetiap lengan simpang pada **Gambar 8**.

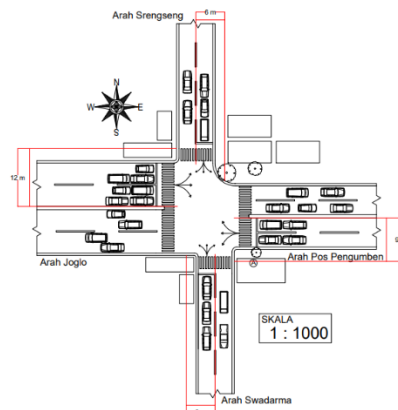


Gambar 8 Layout solusi alternatif 1

Berdasarkan pelebaran yang dilakukan, diperoleh kinerja simpang berupa tundaan simpang sebesar 28,98 det/skr yang mengalami penurunan sebesar 78,42% dari hasil kondisi eksisting. Mengacu pada Tabel 5, kinerja simpang dengan solusi alternatif 1 masih tergolong kurang (D). Meskipun demikian, kecepatan tempuh kendaraan pada simpang meningkat dengan rata-rata sebesar 349% sehingga solusi alternatif 1 dapat dikatakan efektif dalam peningkatan kinerja simpang.

- Pelebaran Jalan Dengan Mengubah Fase Sinyal dan Pendekat Simpang

Untuk solusi berikutnya, dilakukan pelebaran jalan pada lengan simpang dengan diikuti perubahan fase sinyal yang berawal dari 2 fase sinyal menjadi 4 fase sinyal. Selain itu, tipe pendekat pada simpang juga turut diubah. Pada awalnya tipe pendekat simpang merupakan tipe terlawan (Tipe O). Pada solusi kali ini, tipe tersebut diubah menjadi tipe pendekat terlindung (Tipe P) dengan 4 fase sinyal pada simpang. Pelebaran jalan dilakukan pada semua lengan simpang. Berikut ilustrasi pelebaran jalan disetiap lengan simpang pada **Gambar 9**.

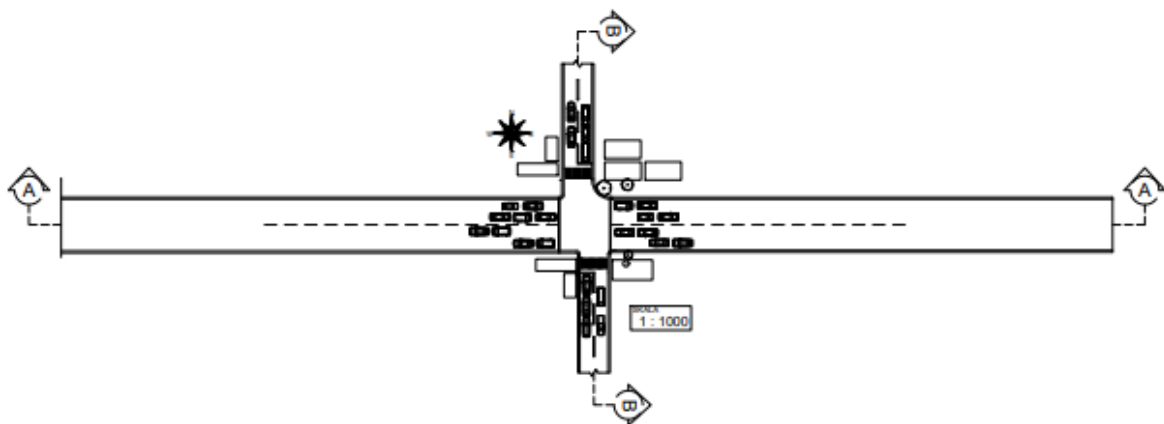


Gambar 9 Layout solusi alternatif 2

Setelah dilakukan perhitungan, diperoleh kinerja simpang berupa tundaan simpang sebesar 48,61 det/skr. Hasil tersebut mengalami penurunan dari hasil eksisting sebesar 63,79% tetapi mengalami peningkatan dari solusi alternatif 1. Kemudian, tingkat pelayanan yang dihasilkan tergolong buruk (E) sehingga dapat dikatakan bahwa solusi alternatif 2 tidak lebih baik dari solusi alternatif 1. Selain itu, peningkatan kecepatan tempuh kendaraan juga terjadi pada solusi alternatif 2 dengan rata-rata sebesar 314%.

- Perencanaan Underpass

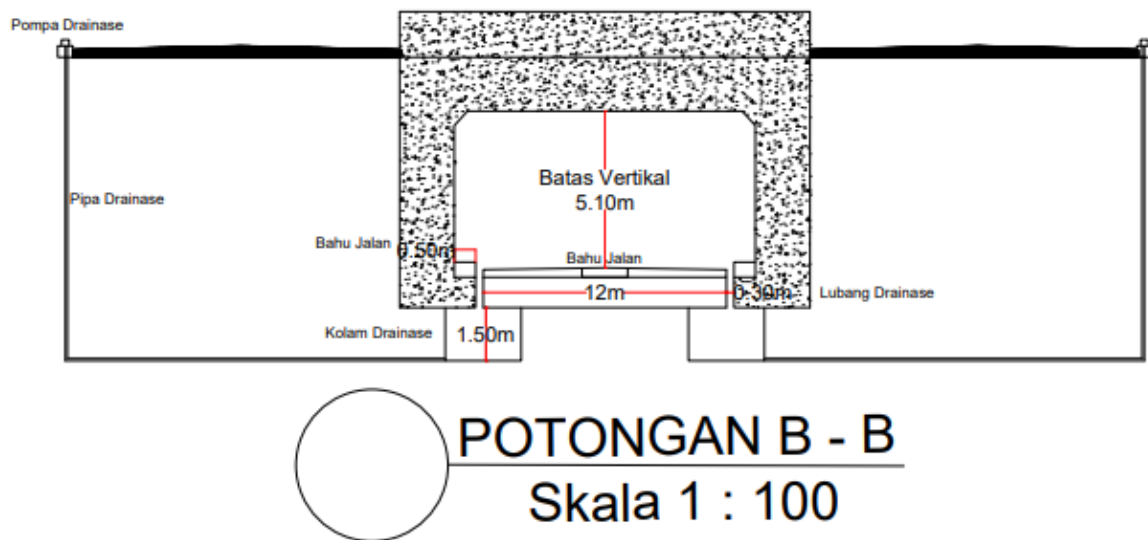
Dalam perencanaan underpass, acuan utamanya adalah Pedoman Kapasitas Jalan Perkotaan. Namun, dalam skenario ini, tidak dilakukan analisis studi kelayakan ekonomi dan teknis untuk underpass. Keputusan untuk membangun underpass didasarkan pada beberapa faktor, termasuk persyaratan teknis yang diatur oleh Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 19/PRT/M/2011. Faktor-faktor ini mencakup lebar badan jalan terowongan, bahu jalan, dan tinggi ruang bebas vertikal. Underpass direncanakan memiliki panjang sekitar 300 meter, dengan jalur masuk dan keluar masing-masing sepanjang 100 meter dari arah Joglo ke Pos Pengumben serta lebar total badan jalan sebesar 12 meter. Rencana ini juga mempertimbangkan kemiringan jalan sebesar 3% dan tipe jalan 2/2TT. Keputusan untuk membangun underpass didasarkan pada volume lalu lintas yang tinggi pada kedua arah tersebut. Berikut ilustrasi underpass simpang pada **Gambar 10** hingga **Gambar 12**.



Gambar 10 Layout underpass



Gambar 11 Layout potongan A



Gambar 12 Layout potongan B

Mengacu perhitungan yang dilakukan, Solusi alternatif 3 mengalami peningkatan kecepatan rata-rata yang lebih kecil dibandingkan dengan kedua solusi sebelumnya, yakni sebesar 305%. Ini disebabkan oleh keberadaan pelebaran jalan pada solusi alternatif 1 dan solusi alternatif 2, yang menghasilkan peningkatan yang sangat besar. Di sisi lain, solusi alternatif 3 tidak melibatkan pelebaran jalan, tetapi mengubah simpang menjadi simpang tak sebidang dengan adanya underpass dari arah Joglo ke Pos Pengumben. Meskipun peningkatan yang diperoleh lebih rendah dari kedua solusi sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa solusi alternatif 3 cukup efektif karena menghasilkan peningkatan signifikan dalam kecepatan rata-rata perjalanan, meningkat dari hanya sekitar 9,6 km/jam menjadi 40 km/jam.

4.11 Efektivitas Solusi Dengan Peramalan

Tujuan dari peramalan ini adalah untuk melihat keefektifan dari solusi alternatif dengan mengestimasi persentase pertumbuhan volume kendaraan dalam beberapa tahun ke depan. Pertumbuhan tersebut diasumsikan akan bertambah secara bertahap setiap tahunnya. Pendekatan ini memungkinkan prediksi volume kendaraan untuk lima tahun ke depan. Peramalan ini dilakukan sejalan dengan pedoman Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), yang mengevaluasi tingkat pelayanan jalan setiap lima tahun. Berikut hasil kinerja simpang berupa kecepatan pada 5 tahun mendatang pada **Tabel 19**.

Tabel 19 Hasil kecepatan tempuh pada 5 tahun mendatang disetiap solusi

Lengan Pendekat	Kecepatan Tempuh, VT (km/jam)		
	Solusi 1	Solusi 2	Solusi 3
Arah Joglo	39.00	35.00	30.00
Arah Pos Pengumben	44.00	40.00	37.50
Arah Srengseng	37.00	34.00	40.25
Arah Swadharma	36.00	33.00	39.00
Rata - Rata	39.00	35.50	36.69

Mengacu pada hasil forecasting untuk semua solusi, solusi pelebaran jalan tanpa perubahan fase dan pendekat (solusi alternatif 1) layak untuk dipertimbangkan sebagai opsi peningkatan kinerja simpang dalam mengatasi kemacetan. Hal tersebut dikarenakan hasil kecepatan tempuh yang dihasilkan selama 5 tahun ke depan lebih besar dibanding kedua solusi lain meskipun kecepatan yang dihasilkan menurun. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa solusi alternatif 1 efektif dalam meningkatkan kinerja simpang Joglo – Pos Pengumben.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan, disimpulkan bahwa performa simpang Jalan Joglo - Pos Pengumben saat ini menunjukkan nilai tundaan rata-rata yang sangat tinggi, yaitu 134,25 detik per kendaraan, sehingga masuk ke dalam kategori F (buruk sekali). Hal ini disebabkan oleh kecepatan kendaraan yang rendah, seperti arah Joglo hanya 9,79 km/jam, arah Pos Pengumben 11 km/jam, arah Srengseng 7,89 km/jam, dan arah Swadharma 9,72 km/jam. Analisis terhadap berbagai solusi untuk meningkatkan kinerja simpang menunjukkan bahwa pelebaran jalan tanpa perubahan pada fase sinyal dan pendekatan adalah opsi yang paling efektif. Dalam skenario ini, pelebaran jalan di Pos Pengumben sebesar 9 meter, di Srengseng sebesar 6 meter, dan di Swadharma juga 6 meter. Hasilnya adalah peningkatan signifikan dalam kecepatan kendaraan, seperti kecepatan arah Joglo menjadi 44 km/jam, Pos Pengumben 49 km/jam, Srengseng 42 km/jam, dan Swadharma 41 km/jam. Selain itu, tundaan juga mengalami penurunan sebesar 78,42% dari kondisi eksisting menjadi 28,98 detik per kendaraan, meskipun tingkat pelayanan simpang masih dalam kategori kurang (D). Ini menunjukkan bahwa solusi pelebaran jalan dengan mempertahankan fase sinyal dan pendekatan adalah langkah yang efektif dalam meningkatkan kinerja simpang. Dengan mengacu pada data historis pertumbuhan kendaraan di Kota Jakarta Barat, diperkirakan kinerja simpang Jalan Joglo - Pos Pengumben akan mengalami peningkatan sebesar 4,14% dalam waktu 5 tahun mendatang. Hasil peramalan menunjukkan bahwa solusi alternatif 1, yang mencakup pelebaran jalan, akan memberikan hasil yang lebih baik daripada solusi lainnya. Solusi ini dapat meningkatkan kinerja simpang dengan kecepatan rata-rata melebihi 38 km/jam dalam jangka waktu 5 tahun ke depan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa solusi alternatif 1 merupakan pilihan yang lebih efektif dalam mengatasi permasalahan lalu lintas di simpang Jalan Joglo - Pos Pengumben.

REFERENSI

- Bina Marga. (1997). *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Departemen Pekerjaan Umum*.
- Menteri Perhubungan. (2006). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006 Tentang Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas Di Jalan*.
- Mu'allimah, M., & Mashpufah, R. N. (2022). Analisis Kebijakan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dalam Mengatasi Permasalahan Transportasi di Perkotaan. *Jurnal Manajemen Dan Ilmu Administrasi Publik (JMIAP)*, 291–296. <https://doi.org/10.24036/jmiap.v3i4.334>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2004). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*. <https://luk.staff.ugm.ac.id/atur/konstruksi/UU38-2004Jalan.pdf>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2006). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan*. www.bphn.go.id
- PKJI. (2014). *Kapasitas Jalan Perkotaan*.
- PKJI. (2014). *Kapasitas Simpang APILL*.
- Tiandoko, W. (2019). *Analisis Kinerja Simpang Tidak Bersinyal Jalan Garuda - Jalan Abdulrahman Saleh - Jalan Maleber Utara - Jalan Ciroyom Barat Kota Bandung*.
- Tulus, M. I. (2018). *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Di Kota Makassar Menggunakan Quantum Gis*.
- Vanidi, M. (2021). *Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Glugur Darat Medan Timur Sampai Tahun 2031*.
- Wardana, D. A. S. (2023). *Analisis Manajemen Lalu Lintas Kinerja Simpang Bersinyal Berdasarkan Pkji 2014 (Studi Kasus Jl. Ciputat Raya, Pondok Pinang)*.