

Perbandingan Analisis Simpang Tak Bersinyal Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta Menggunakan PKJI 2023 dan MKJI 1997

Heriadi^{1*}, Hendra Gunawan Laoli¹, Firdaus Hia¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: heriyadi@ukrimuniversity.ac.id

ABSTRAK

PKJI 2023 merupakan pemutakhiran dari MKJI 1997 yang estimasinya sudah tidak akurat dikarenakan adanya perubahan dan perkembangan kondisi lalu lintas terkini. Tujuan penelitian membandingkan hasil analisis kapasitas dan kinerja simpang tak bersinyal menggunakan PKJI 2023 dan MKJI 1997 pada simpang Selokan Mataram dan simpang Kantor BDK Yogyakarta. Hasil analisis dan pembahasan menunjukkan kapasitas simpang Selokan Mataram menggunakan MKJI lebih besar dari PKJI dengan selisih 2,78%, tetapi simpang BDK Yogyakarta justru terbalik, PKJI lebih besar dari MKJI dengan selisih 1,11%. Derajat kejenuhan simpang berbanding terbalik dengan kapasitas simpang, Selokan Mataram dengan PKJI sedikit lebih besar dari MKJI dengan selisih 2,78% dan simpang BDK Yogyakarta dengan MKJI sedikit lebih besar dari PKJI. Tundaan simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta menggunakan PKJI lebih besar signifikan dari MKJI masing-masing dengan selisih 12,6% dan 16,25%. Peluang antrian simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta adalah sama.

Kata kunci: Kapasitas dan kinerja simpang tak bersinyal, PKJI 2023, dan MKJI 1997

ABSTRACT

PKJI 2023 is an update of MKJI 1997, whose estimations are no longer accurate due to changes and developments in current traffic conditions. The purpose of this research is to compare the results of capacity and performance analysis of unsignalized intersections using PKJI 2023 and MKJI 1997 at the Selokan Mataram intersection and the BDK Yogyakarta intersection. The analysis and discussion results indicate that the capacity of the Selokan Mataram intersection using MKJI is greater than PKJI by 2.78%. However, at the BDK Yogyakarta intersection, the opposite is true, with PKJI being greater than MKJI by 1.11%. The degree of saturation at the intersection is inversely proportional to its capacity. At Selokan Mataram, PKJI is slightly higher than MKJI by 2.78%, while at the BDK Yogyakarta intersection, MKJI is slightly higher than PKJI. The delays at the Selokan Mataram and BDK Yogyakarta intersections using PKJI are significantly higher than MKJI, with differences of 12.6% and 16.25%, respectively. The queueing probability at both the Selokan Mataram and BDK Yogyakarta intersections remains the same.

Keywords: Capacity and performance of unsignalized intersection, PKJI 2023, and MKJI 1997

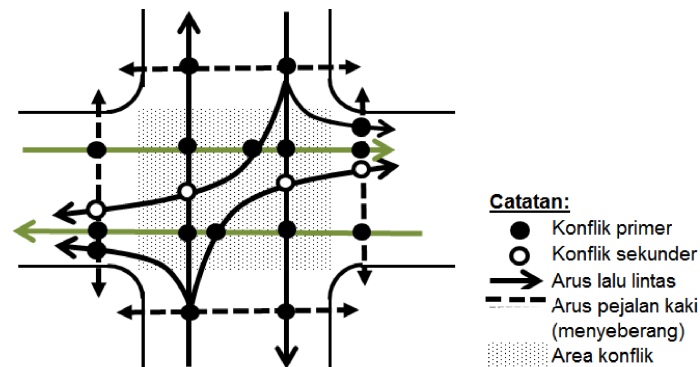
1. PENDAHULUAN

Simpang adalah pertemuan sebidang lebih dari dua lengan ruas jalan yang memiliki banyak titik-titik potensi terjadinya tabrakan. Titik-titik tabrakan pada simpang terdiri atas titik konflik primer dan sekunder. Contoh pada simpang empat terdapat 16 titik potensi konflik primer dan 4 titik potensi konflik sekunder seperti ditunjukkan Gambar 1. Bina Marga mengelompokkan simpang menjadi dua jenis, yaitu Simpang Tak Bersinyal yang sering disebut “Simpang” saja dan Simpang Bersinyal yang sering disebut “Simpang APILL” (MKJI, 1997; PKJI, 2023).

Simpang tak bersinyal (*unsignalized intersection*) adalah pertemuan sebidang lebih dari dua jalan yang bersilang tanpa adanya keberadaan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) atau lampu lalu lintas dengan pergerakan kendaraan dan pejalan kaki diatur berdasarkan aturan prioritas, rambu-rambu lalu lintas, atau tanda-tanda lainnya, untuk mengendalikan arus kendaraan, sehingga berpotensi terjadi konflik saat volume lalu lintas tinggi pada jam sibuk (Mbaling et al., 2023; PKJI, 2023; Prasetyo et al., 2022; Syaifullah et al., 2024; Tarigan et al., 2023). Simpang tak bersinyal biasanya berada pada simpang yang memiliki volume lalu lintas rendah (Riski et al., 2024).

Simpang memiliki peran yang penting untuk kelancaran akses perekonomian di suatu daerah (Hidayat et al., 2024). Tarikan dan bangkitan yang terjadi memperbanyak pergerakan, meningkatkan volume lalu lintas, sehingga menyebabkan simpang memiliki kinerja yang tinggi, dua di antaranya disebabkan adanya kawasan perekonomian dan pendidikan seperti pasar, pertokoan, sekolah atau universitas, dan rumah makan, serta ditambah dengan adanya kendaraan keluar-masuk simpang, pejalan kaki, dan pengguna jalan yang tidak tertib mempengaruhi

kinerja simpang pada jam puncak, sehingga dapat menyebabkan kemacetan yang membuat pengendara tidak nyaman (Adha et al., 2023; Afni et al., 2023; Dali et al., 2024; Desanta et al., 2024; Rahmawati et al., 2024).



Gambar 1. Potensi konflik pada simpang (PKJI, 2023).

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2023 selanjutnya disebut PKJI saja, hadir sebagai bentuk pembaharuan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 disebut MKJI saja, yang diindikasikan estimasinya sudah tidak akurat dikarenakan adanya perubahan dan perkembangan kondisi lalu lintas terkini di antaranya: meningkatnya jumlah kendaraan yang signifikan, berubahnya jenis dan komposisi kendaraan, kemajuan teknologi dalam bidang transportasi, kondisi jalan yang semakin baik secara kualitas dan kuantitas, dan adanya regulasi-regulasi baru (PKJI, 2023).

Observasi awal menunjukkan simpang sudah mulai padat ketika jam sibuk. Selain itu persyaratan laik fungsi simpang secara teknis masih belum terpenuhi, seperti tidak ada rambu peringatan yang menandakan di lokasi tersebut ada simpang dan tidak ada lampu penerangan yang berpotensi menurunkan tingkat keamanan, kenyamanan, dan keselamatan pengendara ketika melewati simpang. Penelitian ini bertujuan membandingkan kapasitas dan kinerja simpang empat tak bersinyal pada dua lokasi yang dimaksud, yaitu simpang Kantor Balai Diklat Keuangan (BDK) Yogyakarta dan simpang Selokan Mataram dengan menggunakan PKJI dan MKJI berdasarkan kondisi yang ada di lapangan. Data lalu lintas disurvei pada jam-jaman yang berpotensi sibuk, yaitu pada pagi hari ketika orang-orang berangkat, siang hari ketika istirahat, dan sore hari ketika pulang beraktivitas. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi bagi pihak terkait mengenai kedua simpang tersebut.

2. METODOLOGI

Penelitian diawali dengan mengadakan tinjauan pustaka untuk menemukan kekosongan (*gap*) dari penelitian sebelumnya yang dilakukan cara membaca dan menganalisis jurnal-jurnal penelitian terdahulu dan buku-buku referensi lainnya yang diperlukan. Selanjutnya dilakukan peninjauan lokasi untuk mengobservasi permasalahan yang ada. Jika lokasi perlu untuk diteliti, maka proses pengambilan data lapangan dapat dilakukan, di antaranya adalah data arus lalu lintas dan data geometrik simpang untuk keperluan analisis. Langkah selanjutnya melakukan analisis dan pembahasan data hingga berujung pada kesimpulan dan saran. Lebih lengkap mengenai proses penelitian dapat dilihat dalam bagan alir pada Gambar 2.

Penelitian dilakukan untuk membandingkan kapasitas dan kinerja simpang tak bersinyal berlokasi di simpang Selokan Mataram dan simpang Kantor BKD Yogyakarta. Kapasitas simpang adalah kemampuan simpang untuk menampung arus lalu lintas yang melaluinya, secara matematis oleh ditunjukkan dalam Persamaan (1). Kinerja simpang terdiri atas derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian simpang. Derajat kejenuhan adalah rasio atau perbandingan antara jumlah arus lalu lintas yang melewatinya terhadap kapasitas simpang yang dirumuskan pada Persamaan (2). Tundaan simpang adalah sejumlah waktu dalam detik hilang bagi kendaraan ketika melewati simpang, dicari dengan Persamaan (3). Peluang antrian adalah potensi bagi kendaraan mengalami antrian ketika melewati simpang, memiliki batas atas dan bawah seperti dimuat pada Persamaan (4).

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \times F_{R_{mi}} \quad (1)$$

Dengan: C = kapasitas simpang (SMP/Jam), C_0 = kapasitas dasar simpang (SMP/Jam), F_{LP} = faktor koreksi lebar rata-rata pendekat, F_M = faktor koreksi tipe median, F_{UK} = faktor koreksi ukuran kota, F_{HS} = faktor koreksi tipe median, F_{BK_i} = faktor koreksi rasio arus belok kiri, F_{BK_a} = faktor koreksi rasio arus belok kanan, $F_{R_{mi}}$ = faktor koreksi rasio arus dari jalan minor.

$$D_j = \frac{q}{C} \quad (2)$$

Dengan: D_j = derajat kejenuhan, q = arus kendaraan bermotor dari semua lengan yang masuk ke dalam simpang (SMP/Jam), C = kapasitas simpang (SMP/Jam).

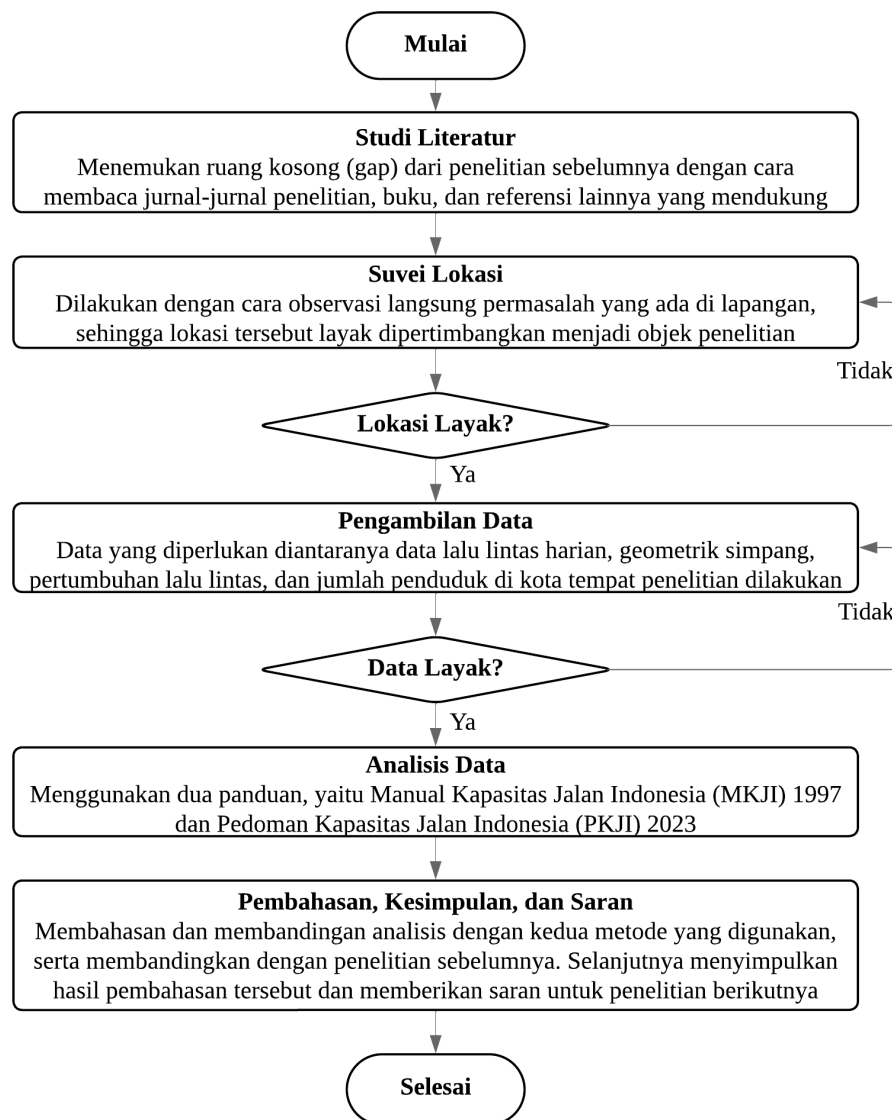
$$T = T_{LL} + T_G \quad (3)$$

Dengan: T = tundaan simpang (detik/SMP), T_{LL} = tundaan lalu lintas (detik/SMP), T_G = tundaan geometrik (detik/SMP).

$$\text{Batas atas} : P_a = 47,71.D_j - 24,68.(D_j)^2 + 56,47.(D_j)^3 \quad (4a)$$

$$\text{Batas bawah} : P_a = 9,02.D_j + 20,66.(D_j)^2 + 10,49.(D_j)^3 \quad (4b)$$

Dengan: P_a = peluang antrian (%) yang terdiri dari batas atas dan batas bawah.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data geometrik simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta ditunjukkan dalam Tabel 1. Kedua simpang tersebut bertipe 422 (4 lengan, 2 lajur jalan minor, 2 lajur jalan mayor) yang memiliki lebar pendekatan rata-rata sama, yaitu 2,38 m oleh sebab simpang berada pada ruas jalan yang sama, yaitu Jl. Ugrim. Nilai Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP) yang digunakan untuk lalu lintas ≥ 1.000 kendaraan/jam berbeda antara MKJI 1997 dan PKJI 2023 pada jenis kendaraan sedang dan sepeda motor seperti ditunjukkan dalam Tabel 2 (MKJI, 1997; PKJI, 2023).

Tabel 1. Geometrik simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta.

Nama Simpang	Tipe Simpang	Jumlah Lengan	Jumlah Jalur Jalan Minor	Jumlah Jalur Jalan Mayor	Lebar Rerata Pendekat (m)
Selokan Mataram	422	4	2	2	2,38
Balai Diklat Keuangan	422	4	2	2	2,38

Tabel 2. Nilai EMP untuk lalu lintas ≥ 1.000 kendaraan (MKJI, 1997; PKJI, 2023).

Jenis Kendaraan Bermotor	Nilai EMP ≥ 1.000 kendaraan	
	MKJI 1997	PKJI 2023
Mobil penumpang	1,0	1,0
Kendaraan sedang	1,8	1,3
Sepeda motor	0,2	0,5

Tipe simpang 422 memiliki kapasitas dasar 2.900 SMP/jam belaku untuk MKJI dan PKJI pada kedua simpang. Faktor koreksi akibat lebar rata-rata pendekat memiliki nilai yang berbeda meskipun lebar pendekat rata-rata sama, PKJI 0,94 dan MKJI 0,96 berlaku untuk simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta. MKJI lebih besar dari PKJI dengan selisih 0,02 atau 2,08%.

Faktor koreksi akibat median memiliki nilai 1 baik MKJI maupun PKJI. Nilai sama disebabkan oleh kedua simpang, Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta tidak memiliki median pada lengan simpang jalan mayor dan jalan minor.

Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, memiliki jumlah penduduk 1.112.616 jiwa, sehingga nilai faktor koreksi akibat ukuran kota adalah 1 baik MKJI maupun PKJI di simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta (Dukcapil Sleman, 2023). Kota yang digunakan adalah kota kabupaten, bukan kota kecamatan.

Lokasi penelitian memiliki tipe lingkungan pemukiman, dengan kelas hambatan samping rendah, sehingga faktor koreksi akibat hambatan samping PKJI dan MKJI sama-sama memiliki nilai 0,98. Berlaku untuk kedua simpang.

Nilai koreksi belok kiri menunjukkan perbedaan nilai yang tidak konsisten. Hal ini terjadi karena beberapa hal, antara lain: rasio belok kiri yang berbeda akibat pengaruh dari EMP yang digunakan, dan perubahan pada persamaan atau grafik pada PKJI dan MKJI.

Faktor koreksi belok kanan memiliki nilai yang sama karena simpang memiliki empat lengan. Lebih detail mengenai kapasitas dasar dan faktor-faktor koreksi dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Kapasitas dasar dan faktor-faktor koreksi simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta.

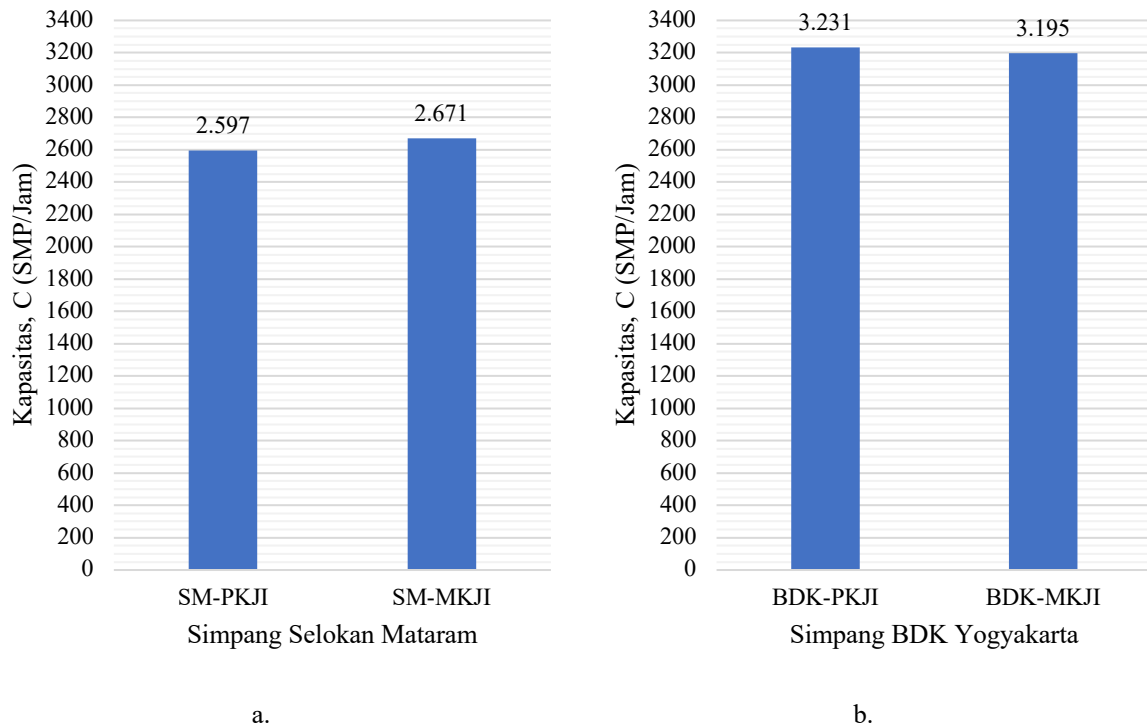
Kode Simpang	Kapasitas Dasar (SMP/jam)	Koreksi Lebar Pendekat Rata-Rata	Koreksi Median Jalan Mayor	Koreksi Ukuran Kota	Koreksi Hambatan Samping	Koreksi Belok Kiri	Koreksi Belok Kanan	Koreksi Rasio Jalan Minor
SM-PKJI	2900	0,94	1	1	0,98	1,08	1	0,90
SM-MKJI	2900	0,96	1	1	0,98	1,10	1	0,89
BDK-PKJI	2900	0,94	1	1	0,98	1,26	1	0,96
BDK-MKJI	2900	0,96	1	1	0,98	1,22	1	0,96

Perbandingan Kapasitas Simpang

Kapasitas simpang empat tak bersinyal Selokan Mataram 2.597 SMP/Jam dianalisis menggunakan PKJI dan 2.671 SMP/Jam dianalisis menggunakan MKJI seperti ditunjukkan Gambar 3a. Selisihnya 74 SMP/Jam atau 2,78% dengan MKJI lebih tinggi dari PKJI. Perbedaan tersebut disebabkan oleh perubahan pada faktor koreksi lebar pendekat rata-rata, faktor koreksi belok kiri, dan faktor koreksi jalan minor.

Kapasitas simpang BDK Yogyakarta 3.231 SMP/Jam berdasarkan analisis PKJI dan 3.195 SMP/Jam menggunakan MKJI seperti ditunjukkan dalam Gambar 3b. Berbeda dengan simpang Selokan Mataram sebelumnya, dengan dipengaruhi faktor perubahan yang sama simpang BDK Yogyakarta yang dianalisis menggunakan PKJI justru lebih besar dibandingkan MKJI dengan selisih 36 SMP/Jam atau 1,11%. Hal tersebut terjadi karena rasio belok kiri pada simpang BDK Yogyakarta lebih tinggi akibat dipengaruhi adanya tarikan yang dihasilkan oleh Universitas Kristen Immanuel yang berada di jalan mayor sisi utara, dibandingkan simpang Selokan Mataram yang didominasi kendaraan lurus pada jalan mayor maupun jalan minor.

Hasil analisis menyatakan simpang tersebut memiliki kapasitas yang lebih besar dari kapasitas dasar. Lalu lintas di jam sibuk pada simpang Selokan Mataram adalah 716 SMP/Jam dan 697 SMP/Jam pada simpang BDK Yogyakarta. Data arus lalu lintas tersebut hanya sekitar seperempat sampai dengan seperlima dari kapasitas simpang, sehingga kedua simpang ini belum terjadi kemacetan. Jika dilihat dari sisi kapasitas simpang, kemacetan terjadi karena arus yang melewati simpang melampaui kapasitas simpang, biasanya terjadi saat jam puncak ketika jumlah kendaraan di kota semakin meningkat juga (Putri & Tinumbia, 2024; Rosyid et al., 2024; Wijayanto et al., 2024). Kemacetan biasanya diawali dengan jumlah pergerakan kendaraan yang semakin meningkat akibat peningkatan jumlah penduduk yang berbanding lurus dengan daya beli masyarakat (Sarwandy et al., 2024).

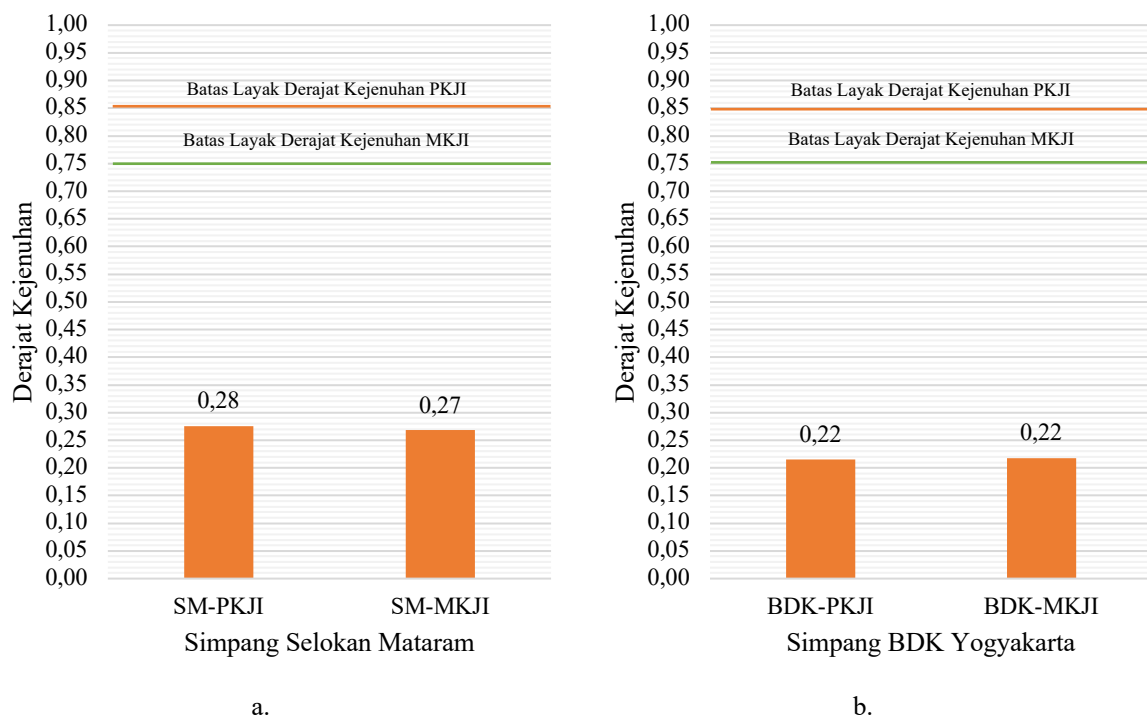


Gambar 3. Perbandingan kapasitas simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta

Perbandingan Kinerja Simpang

a. Derajat kejenuhan

Derajat Kejenuhan merupakan perbandingan antara arus lalu lintas yang melalui simpang terhadap kapasitas simpang, disarankan $\leq 0,85$ berdasarkan PKJI dan $\leq 0,75$ berdasarkan MKJI untuk dapat melayani arus lalu lintas dengan baik (MKJI, 1997; PKJI, 2023). Derajat kejenuhan simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta jauh di bawah batas kejenuhan PKJI dan MKJI, sehingga belum memerlukan adanya rekayasa lalu lintas dan rekayasa geometrik simpang (Hawinuti & Megawati, 2025). Sebab nilai derajat kejenuhan yang belum tinggi belum menjadi tantangan dalam pengelolaan simpang tak bersinyal (Rafi & Widyatami, 2025).

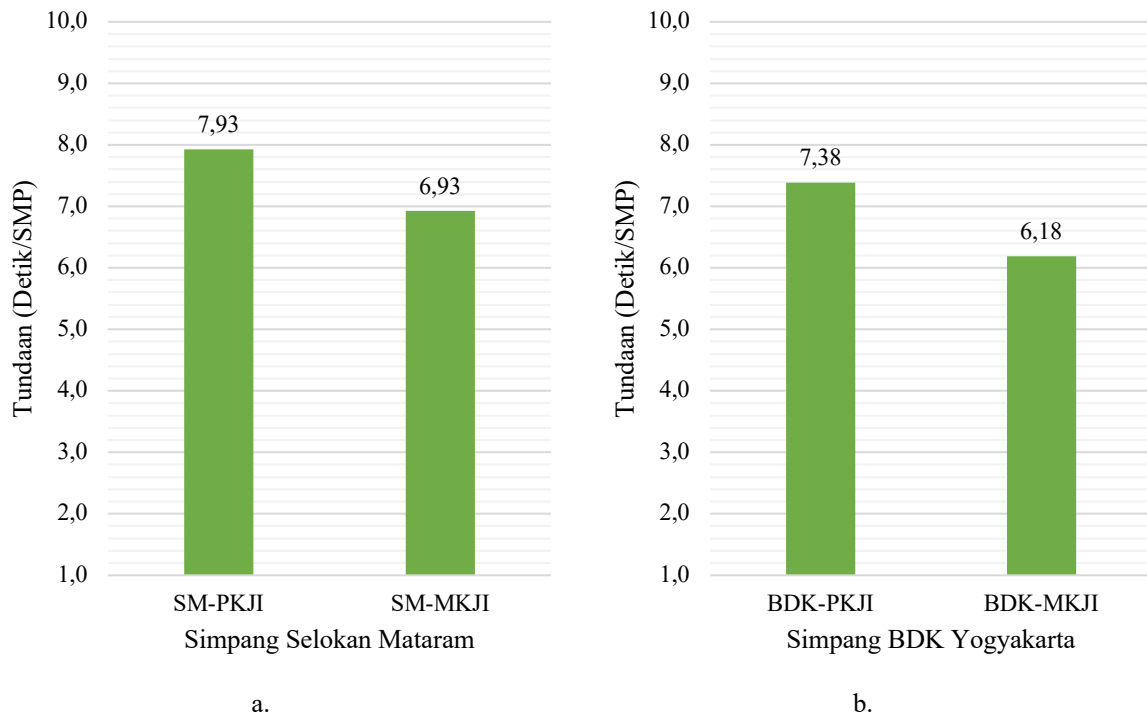


Gambar 4. Perbandingan derajat kejenuhan simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta

Hasil analisis memperlihatkan tidak ada perbedaan signifikan hasil analisis menggunakan PKJI maupun MKJI seperti ditunjukkan dalam Gambar 4. Simpang Selokan Mataram dengan PKJI sedikit lebih besar daripada MKJI dengan selisih 0,01 atau 2,78%. Sedangkan Simpang BDK Yogyakarta tidak ada perbedaan derajat kejenuhan. Hasil ini berbanding terbalik dengan kapasitas simpang yang dibahas sebelumnya. Nilai derajat kejenuhan kedua simpang tersebut menunjukkan bahwa simpang belum mengalami tingkat kejenuhan yang disyaratkan PKJI dan MKJI, karena tingkat pelayanan simpang B, arus lalu lintas stabil dengan kecepatan mulai terbatas.

b. Tundaan

Tundaan merupakan penambahan waktu tempuh pengemudi kendaraan ketika melewati simpang. Tundaan yang terjadi pada Simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta ditunjukkan dalam Gambar 5. Secara umum tundaan dengan analisis dengan PKJI lebih besar dari MKJI, pada simpang Selokan Mataram berbeda 1 detik/SMP atau 12,6% dan Simpang BDK Yogyakarta dengan selisih 1,2 detik/SMP atau 16,25%.



Gambar 5. Perbandingan tundaan simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta

c. Peluang antrian

Peluang antrian merupakan kesempatan/peluang terjadinya antrian kendaraan pengemudi mengantri di sepanjang pendekat simpang. Peluang antrian pada simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta tidak memiliki perbedaan berdasarkan analisis PKJI maupun MKJI seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Peluang antrian simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta.

Nama Simpang	Kode Simpang	Batas Bawah Peluang Antrian	Batas Atas Peluang Antrian
Selokan Matram	SM-PKJI	4%	13%
	SM-MKJI	4%	13%
BDK Yogyakarta	BDK-PKJI	3%	10%
	BDK-MKJI	3%	10%

4. KESIMPULAN

Kapasitas simpang Selokan Mataram menggunakan MKJI lebih besar dari PKJI dengan selisih 2,78%, tetapi simpang BDK Yogyakarta justru menggunakan PKJI lebih besar dari MKJI dengan selisih 1,11%. Derajat kejenuhan simpang berbanding terbalik dengan kapasitas simpang, Selokan Mataram menggunakan PKJI memberikan hasil yang sedikit lebih besar dari MKJI dengan selisih 2,78% dan simpang BDK Yogyakarta dengan MKJI sedikit lebih besar dari PKJI, namun hal tersebut tidak terlihat karena nilainya terlalu kecil. Tundaan simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta menggunakan PKJI lebih besar signifikan dari MKJI masing-masing dengan selisih 12,6% dan 16,25%. Peluang antrian simpang Selokan Mataram dan BDK Yogyakarta adalah sama, baik rentang batas atas dan batas bawah menggunakan PKJI dan MKJI.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, S. A., Wibisono, R. E., Sabrina, M. A., & Putri, O. E. (2023). Evaluasi Kinerja Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal Jalan Pulo Wonokromo Kota Surabaya Menggunakan Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023. *Jurnal MITRANS (Media Publikasi Terapan Transportasi)*, 1(3), 383–38391.
- Afni, D. N., Juwita, F., Prikurnia, A. K., & Putri, I. Y. (2023). Analisis Simpang Tak Bersinyal di Jalan Ahmad Yani - Jalan Raden Intan Gadingrejo Menggunakan PKJI 2023. *Jurnal Teknik Sains*, 8(2), 135–142. <https://doi.org/10.24967/teksis.v8i2.2706>
- Dali, E. M., Hadu, A. L., & Sudrajat, A. (2024). Analisis Simpang Tidak Bersinyal Menggunakan Metode Pedoman Kinerja Jalan Indonesia (PKJI) 2023 (Studi Kasus: Simpang Empat Jalan Kayuhan-Jalan Kayuhan Sudimoro-Jalan Sedayu-Jalan Gesikan, Bantul, Yogyakarta). *Jurnal Bangun Rekaprima: Jurnal Pembangunan Rekayasa, Sosial Dan Humaniora*, 10(2), 2024. <https://doi.org/10.32497/bangunrekaprima.v10i2.6071>
- Desanta, D. F. F., Sholichin, I., & Estikhamah, F. (2024). Analisis Kinerja Simpang Tidak Bersinyal Jalan Menganti-Jalan Sepat-Jalan Wisma Lidah Kulon Kota Surabaya Menggunakan Metode PKJI 2023. *Jurnal AGREGAT*, 9(2), 1109–1116. <https://doi.org/10.30651/ag.v9i2.23975>
- Dukcapil Sleman. (2023). Profil Perkembangan Kependudukan.
- Hawinuti, R., & Megawati, M. (2025). Evaluasi Kinerja dan Tingkat Pelayanan pada Simpang Empat Tidak Bersinyal BRI KC Kota Kandangan Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v9i1.14247>
- Hidayat, A. S., Bumulo, N., & Nento, S. (2024). Tinjauan Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jl. A. A. Wahab, Jl. Sun Ismail, Dan Jl. Kh Hutu Badu Di Kabupaten Gorontalo. *Jurnal Simetrik*, 14(1), 806–811. <https://doi.org/10.31959/js.v14i1.2303>
- Mbaling, A. E., Sutrisno, W., & Gutama, D. S. L. W. (2023). Analisis Tundaan Dan Peluang Antrian Simpang Tak Bersinyal Di Ruas Jalan Waemedu Dan Jalan Mawar Labuan Bajo Dengan Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023. *Seminar Nasional Penelitian Mahasiswa Teknik (SINLIMATEK) 2023*, 21–25.
- MKJI. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Direktorat Jendral Bina Marga, Direktorat Bina Jalan Kota. Sweroad, bekerja sama dengan PT Bina Karya.
- PKJI. (2023). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jendral Bina Marga.
- Prasetyo, H. E., Setiawan, A., & Pradana, A. (2022). Kinerja Simpang Empat Tak Bersinyal Berdasarkan Derajat Kejenuhan Pada Jalan Raya Mabes Hankam – Jalan Raya Setu, Jakarta Timur. *Jurnal Konstruksia*, 13(2), 135–145. <https://doi.org/10.24853/jk.13.2.135-145>
- Putri, T. A., & Tinumbia, N. (2024). Analisis Kinerja Simpang Tidak Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Empat Viktor Jalan Raya Puspitek, Kota Tangerang Selatan). *Jurnal Artesis*, 4(2), 197–204. <https://doi.org/10.35814/artesis.v4i2.7861>
- Rafi, Y. A., & Widyatami, F. S. (2025). Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Dengan Metode PKJI 2023 Dan Software VISSIM (Studi Kasus: Area Pertigaan Jl. Aria Putra, Ciputat). *Prosiding TAU-SNARTEK Seminar Nasional Rekayasa dan Teknologi*, 138–146. <https://doi.org/10.47970/snarstek.v2i1.804>
- Rahmawati, A. N., Widhiastuti, Y., & Soegyarto. (2024). Analisis Kinerja Simpang Empat Tak Bersinyal Dengan Metode PKJI 2023. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 4(1), 1223–1230. <https://doi.org/10.36312/jcm.v4i1.3379>
- Riski, S., Isya, M., & Fisaini, J. (2024). Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Dengan Menggunakan Metode PKJI 2023 (Studi Kasus: Jalan W.R. Supratman-Jalan Cut Mutia-Jalan Teungku Dianjung). *Journal of The Civil Engineering Student*, 6(2), 106–112. <https://doi.org/10.24815/journalces.v6i2.29475>
- Rosyid, A. G. A., Rokhmawati, A., & Ingsih, I. S. (2024). Evaluasi Kinerja Lalu Lintas Pada Simpang Empat Mergan Kota Malang Dengan Software VISSIM. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 14(2), 112–120.
- Sarwandy, M. H. A., Royan, N., & Asep, M. (2024). Analisis Kemacetan Pada Simpang Tak Bersinyal Jl. Padat Karya – Jl. Sumatera Kota Prabumulih Menggunakan PKJI 2023. *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, 9(1), 57–63. <https://doi.org/10.32502/jbearing.v9i1.8479>
- Syaifullah, M., Kadir, Y., & Desei, F. L. (2024). Kinerja Simpang Empat Tak Bersinyal Menggunakan Metode PKJI 2023 dan Software VISSIM. *Jurnal Konstruksia*, 15(2), 147–163. <https://doi.org/10.24853/jk.15.2.147-163>
- Tarigan, A., Lefrandt, L. I. R., & Rompis, S. Y. R. (2023). Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus: Jalan Wolter Monginsidi-Jalan Veteran, Kota Bitung). *TEKNO*, 21(85), 925–935. <https://doi.org/10.35793/jts.v21i85.49500>
- Wijayanto, M. A., Mukthi, E. T., & Sumiyattinah. (2024). Analisis Kinerja Simpang Tiga Lengan Pada Persimpangan Jalan Ahmad Yani – Jalan Pendidikan – Jalan Sucitro (Kota Sambas) Dan Alternatif Penanganannya. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, Dan Tambang*, 11(3), 1–9. <https://doi.org/10.26418/jelast.v11i3.83885>