

## PERBANDINGAN HASIL ANALISIS PANJANG ANTRIAN MENGGUNAKAN METODE MKJI, HCM DAN AUSTRROADS TERHADAP PANJANG ANTRIAN LAPANGAN

Wandes Leonardo Siahaan<sup>1</sup>, Edi Yusuf Adiman<sup>2\*</sup>, dan Sri Djuniati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. HR Soebrantas KM. 12,5, Pekanbaru  
*wandes.leonardo3116@student.unri.ac.id*

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. HR Soebrantas KM. 12,5, Pekanbaru  
*edi.yusuf@eng.unri.ac.id*

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. HR Soebrantas KM. 12,5, Pekanbaru  
*sdjuniati@lecturer.unri.ac.id*

Masuk: 05-07-2023, revisi: 08-07-2023, diterima untuk diterbitkan: 10-07-2023

### ABSTRACT

*An intersection is part of a road network system which is a point where two or more roads meet or cross. The problem with signalized intersections is the occurrence of queues which result in delays. In the development of science, several methods emerged that could be used to determine the length of the queue that occurred in the field. The calculation of the queue length for signalized intersections is carried out using three methods, namely MKJI 1997, HCM 2010 and Austroads 2017, then the results of the queue length analysis from the three methods are compared with the queue length which is close to the results of the queue length measured at the Soekarno-Hatta Road Intersection - Jalan Durian - Dharma Bakti Street, Pekanbaru City. The difference in the length of the field queue with the 1997 MKJI method is in the north 400.95 m, south 217.78 m, west 262.90 m and east 283.40 m. The difference in the length of the field queue with the HCM 2010 method is in the north of 49.88 m, the south of 11.72 m, the west of 36.06 m and the east of 66.56 m. The difference in the length of the field queue with the Austroads 2017 method is in the north, which is 120.89 m, south 68.16 m, west 9.81 m and east 22.03 m. The queue length with the HCM 2010 method is closer to the length of the vehicle queue measured directly in the field on the major road, namely Soekarno-Hatta Street with a percentage of 30.27% and 6.24%, while the vehicle queue measured directly on minor roads, namely Jalan Durian (East) and Jalan Dharma Bakti (West) is closer to the queue length measured by the Austroads 2017 method with percentages of 11.02% and 23.79%.*

*Keywords: Intersection; Queue Length; MKJI 1997; HCM 2010; Austroads 2017.*

### ABSTRAK

Persimpangan adalah bagian dari sistem jaringan jalan yang merupakan sebuah titik dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu atau bersilang. Masalah pada simpang bersinyal adalah terjadinya antrian yang mengakibatkan terjadinya tundaan. Dalam perkembangan ilmu pengetahuan muncul beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi panjang antrian yang terjadi di lapangan. Perhitungan panjang antrian simpang bersinyal dilakukan menggunakan tiga metode yaitu MKJI 1997, HCM 2010 dan *Austroads* 2017, kemudian hasil analisis panjang antrian dari ketiga metode tersebut dibandingkan dengan panjang antrian yang mendekati dengan hasil panjang antrian yang diukur di Simpang Jalan Soekarno-Hatta – Jalan Durian – Jalan Dharma Bakti Kota Pekanbaru. Perbedaan panjang antrian lapangan dengan metode MKJI 1997 adalah pada pendekatan utara 400,95 m, selatan 217,78 m, barat 262,90 m dan timur 283,40 m. Selisih panjang antrian lapangan dengan metode HCM 2010 adalah pada pendekatan utara sebesar 49,88 m, selatan sebesar 11,72 m, barat sebesar 36,06 m dan timur sebesar 66,56 m. Selisih panjang antrian lapangan dengan metode *Austroads* 2017 adalah pada utara yaitu 120,89 m, selatan 68,16 m, barat 9,81 m dan timur 22,03 m. Panjang antrian dengan metode HCM 2010 lebih mendekati panjang antrian kendaraan yang diukur langsung di lapangan pada jalan mayor yaitu Jalan Soekarno-Hatta dengan persentase 30,27% dan 6,24%, sedangkan antrian kendaraan yang diukur langsung pada jalan minor yaitu Jalan Durian (Timur) dan Jalan Dharma Bakti (Barat) lebih mendekati panjang antrian yang diukur dengan metode *Austroads* 2017 dengan persentase yaitu 11,02% dan 23,79%.

Kata kunci: Persimpangan, Panjang Antrian, MKJI 1997, HCM 2010, *Austroads* 2017.

## 1. PENDAHULUAN

Sistem sinyal lalu lintas merupakan salah satu cara untuk mengatur lalu lintas di suatu simpang supaya menciptakan sistem pergerakan dan hak berjalan secara bergantian dan teratur, sehingga dapat meningkatkan kapasitas simpang dalam melayani arus lalu lintas, dan mengurangi tingkat kecelakaan dan tundaan lalu lintas yang efektif (Munawar, 2004). Jauwahir (2000) mengatakan masalah pada simpang bersinyal adalah terjadinya antrian yang mengakibatkan terjadinya tundaan kendaraan pada masing-masing lengan simpang dengan volume yang berbeda (Rahayu et al, 2009). Hal tersebut terjadi akibat dari tidak optimalnya kinerja suatu simpang sehingga dapat menyebabkan permasalahan (Natsir, 2018) yang berdampak pada berkurangnya kapasitas, memperpanjang antrian, meningkatkan pelanggaran lalu lintas dan menambah kelambatan pada kendaraan (Sitanggung & Harianto, 2013). Namun penelitian yang dilakukan oleh Eka et al. (2017) pada simpang Sukun dan simpang Java Mall Kota Semarang menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan dari analisis kinerja antara panjang antrian berdasarkan MKJI 1997 dengan pengamatan lapangan. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Situmorang & Munawar (2018), dengan menganalisis panjang antrian dan tundaan dari MKJI 1997 terhadap panjang antrian lapangan memberikan hasil bahwa panjang antrian dan tundaan pada perumusan MKJI 1997 tidak sama dengan hasil dari pengukuran di lapangan untuk kondisi saat ini. Kesimpulan dari penelitian ini diperkuat penelitian yang dilakukan oleh Gurukasih & Irawan (2019) didapatkan hasil perhitungan MKJI 1997 yang didapat belum cukup bisa mewakili keadaan di lapangan, karena terdapat perbedaan yang cukup besar antara panjang antrian di lapangan dengan hasil perhitungan.

Dalam perkembangan ilmu pengetahuan muncul beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi panjang antrian yang terjadi di lapangan. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 adalah suatu metode yang dirancang untuk memudahkan dalam menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan kapasitas jalan di Indonesia, termasuk untuk masalah persimpangan bersinyal. HCM 2010 merupakan metode yang banyak dipakai oleh praktisi-praktisi dalam mengevaluasi kinerja jalan dan persimpangan. HCM 2010 menyediakan metode untuk memperkirakan dan menentukan tingkat pelayanan sarana transportasi, termasuk persimpangan dan jalan raya serta fasilitas transit, sepeda dan pejalan kaki. *Austroads* 2017 merupakan metodologi dan prosedur untuk mengevaluasi kinerja di jalan raya dan fasilitas jalan raya. Metode ini dikembangkan dan dipakai di Negara Australia dan New Zealand.

Perhitungan panjang antrian simpang bersinyal dilakukan menggunakan tiga metode yaitu MKJI 1997, HCM 2010 dan *Austroads* 2017, kemudian hasil analisis panjang antrian dari ketiga metode tersebut dibandingkan dengan panjang antrian yang mendekati dengan hasil panjang antrian yang diukur di lapangan.

### Panjang Antrian

Antrian merupakan suatu gejala umum yang biasa terjadi yang akan muncul ketika kebutuhan akan suatu pelayanan melebihi kapasitas yang tersedia untuk menyelenggarakan suatu pelayanan (Mufidah, 2018; Prawira, 2017). Antrian kendaraan yang panjang seringkali ditemukan pada lokasi persimpangan lampu lalu lintas. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yang paling utama adalah banyaknya kedatangan kendaraan serta tingginya hambatan samping pada setiap lengan persimpangan sehingga melampaui kapasitas persimpangan yang direncanakan. Panjang antrian pada suatu ruas jalan akan mempengaruhi kinerja pelayanan jalan dan berakibat turunnya laju kecepatan kendaraan. Selain itu, menurut Mujahidin et al. (2014) terjadinya antrian kendaraan dapat berpengaruh pada konsumsi bahan bakar kendaraan.

## 2. METODE PENELITIAN

### Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan pada penelitian di Simpang Jalan Durian - Jalan Soekarno-Hatta - Jalan Dharma Bakti Kota Pekanbaru yaitu tanggal 17 Januari 2023 Pukul 16.15-17.15 WIB.

### Data dan Alat

Data yang diperlukan dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 jenis, yakni data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian ini yaitu data geometrik jalan, data sinyal lalu lintas, data volume arus kendaraan dan data panjang antrian kendaraan di lapangan, sedangkan data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu data penduduk kota Pekanbaru tahun 2022.

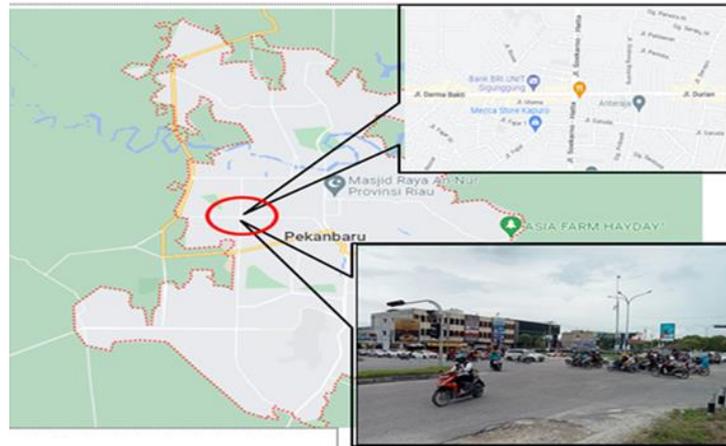
Adapun alat yang dibutuhkan terdiri dari :

1. Formulir pencacahan arus kendaraan lalu lintas.
2. Alat tulis, untuk mencatat hasil survey.
3. Meteran roll.
4. Roda meter.
5. Kamera, untuk melakukan dokumentasi pada lokasi penelitian.

6. Kapur tulis, sebagai penanda pada segmen jalan agar lebih mudah dalam pengukuran panjang antrian.

### Lokasi Penelitian

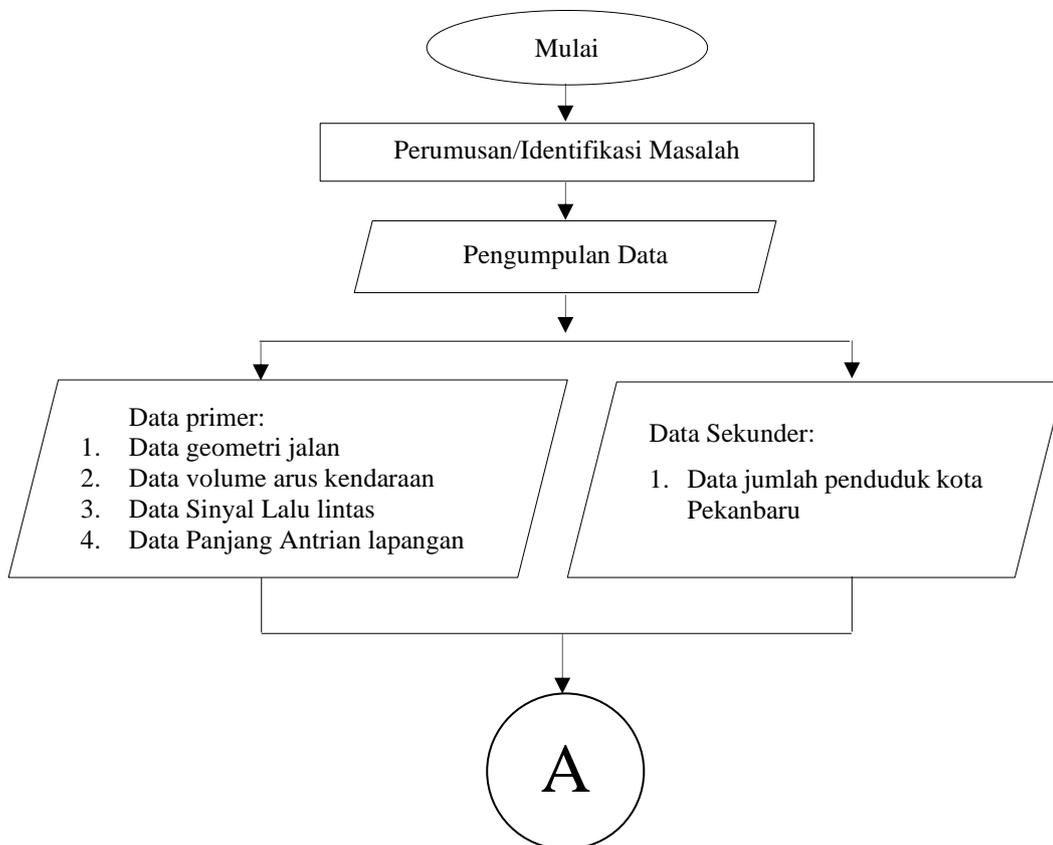
Lokasi penelitian yang dipilih pada persimpangan yang mempertemukan Jalan Soekarno-Hatta di sebelah utara dan selatan, Jalan Durian disebelah timur dan Jalan Dharma Bakti disebelah barat di Kota Pekanbaru.

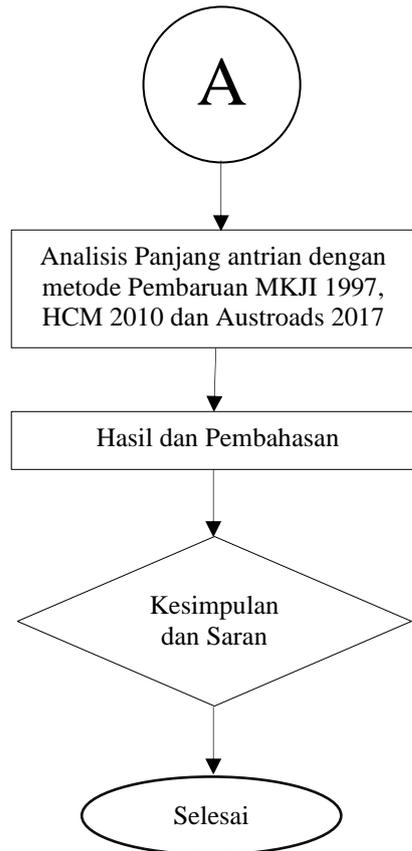


Gambar 1. Persimpangan Jalan Soekarno-Hatta – Jalan Durian – Jalan Dharma Bakti Kota Pekanbaru

### Langkah Penelitian

Langkah penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dengan studi literatur guna memperoleh kerangka kerja dan teori yang dapat digunakan dalam penelitian, pengumpulan data untuk mengetahui keadaan di lapangan dengan melakukan survey pada lokasi penelitian dan pengolahan data untuk mendapatkan hasil dari penelitian yaitu panjang antrian kendaraan dengan metode MKJI 1997, HCM 2010 dan *Austroroads* 2017. Cara kerja penelitian ini dijelaskan berdasarkan tahapan yang telah dirancang dalam diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2.





Gambar 2. Diagram alir penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Geometrik Simpang

Berdasarkan pengukuran geometrik pada Simpang Jalan Soekarno-Hatta – Jalan Durian – Jalan Dharma Bakti, data yang digunakan dalam analisis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data geometrik pada simpang Jalan Soekarno-Hatta – Jalan Durian – Jalan Dharma Bakti

Pendekat	Lebar Median (m)	Lebar Pendekat (m)		
		Pendekat ( $W_A$ )	Masuk ( $W_{MASUK}$ )	Belok Kiri Langsung ( $W_{LTOR}$ )
Jalan Soekarno-Hatta (Utara)	4	9	7	2
Jalan Soekarno-Hatta (Selatan)	4	9	7	2
Jalan Durian (Timur)	-	7	5	2
Jalan Dharma Bakti (Barat)	-	7	5	2

#### Analisis panjang antrian dengan metode MKJI 1997

Tabel 2. Hasil perhitungan panjang antrian menggunakan Metode MKJI 1997

Jalan	Panjang Antrian (m)
Soekarno-Hatta (Utara)	565,71
Soekarno-Hatta (Selatan)	405,71
Dharma Bakti (Barat)	352,00
Durian (Timur)	376,00

Analisis panjang antrian dengan metode MKJI 1997 seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2 yaitu pada Jalan Soekarno-Hatta (Utara) diperoleh panjang antrian sebesar 565,71 m, pada Jalan Soekarno-Hatta (Selatan) sebesar 405,71 m, pada Jalan Dharma Bakti (Barat) sebesar 352,00 m dan pada Jalan Durian (Timur) sebesar 376,00 m.

### Analisis panjang antrian dengan metode HCM 2010

Tabel 3. Hasil perhitungan panjang antrian menggunakan metode HCM 2010

Jalan	Panjang Antrian (m)
Soekarno-Hatta (Utara)	214,64
Soekarno-Hatta (Selatan)	199,66
Dharma Bakti (Barat)	53,04
Durian (Timur)	26,04

Analisis panjang antrian dengan metode HCM 2010 pada Tabel 3 yaitu diperoleh panjang antrian pada Jalan Soekarno-Hatta (Utara) sebesar 214,64 m, pada Jalan Soekarno-Hatta (Selatan) sebesar 199,66 m, pada Jalan Dharma Bakti (Barat) sebesar 53,04 m dan pada Jalan Durian (Timur) sebesar 26,04 m.

### Analisis panjang antrian dengan metode Austroads 2017

Tabel 4. Hasil perhitungan panjang antrian menggunakan metode Austroads 2017

Jalan	Panjang Antrian (m)
Soekarno-Hatta (Utara)	285,66
Soekarno-Hatta (Selatan)	256,09
Dharma Bakti (Barat)	79,29
Durian (Timur)	70,57

Analisis panjang antrian dengan metode Austroads 2017 pada Tabel 4 diperoleh panjang antrian pada Jalan Soekarno-Hatta (Utara) sebesar 285,66 m, pada Jalan Soekarno-Hatta (Selatan) sebesar 256,09 m, pada Jalan Dharma Bakti (Barat) sebesar 79,29 m dan pada Jalan Durian (Timur) sebesar 70,57 m.

### Hasil pengukuran panjang antrian lapangan

Tabel 5. Hasil pengukuran panjang antrian lapangan

Jalan	Panjang Antrian (m)
Soekarno-Hatta (Utara)	164,77
Soekarno-Hatta (Selatan)	187,93
Dharma Bakti (Barat)	89,10
Durian (Timur)	92,60

Berdasarkan hasil pengukuran panjang antrian di lapangan seperti yang terdapat pada Tabel 5 diperoleh panjang antrian rata-rata selama satu jam pengamatan pada ruas Jalan Soekarno-Hatta (Utara) yaitu sebesar 164,77 meter, kemudian pada ruas Jalan Soekarno-Hatta (Selatan) didapatkan panjang antrian sebesar 187,93 meter, lalu pada ruas Jalan Dharma Bakti (Barat) didapatkan panjang antrian yaitu sebesar 89,10 meter dan pada ruas Jalan Durian (Timur) didapatkan panjang antrian sebesar 92,60 meter. Pemilihan panjang antrian kendaraan rata-rata dikarenakan analisis pada metode MKJI 1997, HCM 2010 dan Austroads 2017 dilakukan selama satu jam.

### Perbandingan hasil perhitungan panjang antrian

Tabel 6. Perbandingan hasil analisis panjang antrian metode terhadap panjang antrian lapangan

Pendekat	Panjang Antrian			Panjang Antrian Lapangan	Selisih Terhadap Panjang Antrian Lapangan		
	MKJI 1997	HCM 2010	Austroads 2017		MKJI 1997	HCM 2010	Austroads 2017
Utara	565,71	214,64	285,66	164,77	400,95	49,88	120,89
Selatan	405,71	199,66	256,09	187,93	217,78	11,72	68,16

Tabel 6 (Lanjutan). Perbandingan hasil analisis panjang antrian metode terhadap panjang antrian lapangan

Pendekat	Panjang Antrian			Panjang Antrian Lapangan	Selisih Terhadap Panjang Antrian Lapangan		
	MKJI 1997	HCM 2010	<i>Austrroads</i> 2017		MKJI 1997	HCM 2010	<i>Austrroads</i> 2017
Barat	352,00	53,04	79,29	89,10	262,90	-36,06	-9,81
Timur	376,00	26,04	70,57	92,60	283,40	-66,56	-22,03

Berdasarkan perbandingan hasil analisis panjang antrian dengan metode MKJI 1997, HCM 2010 dan *Austrroads* 2017 terhadap panjang antrian lapangan yang dapat dilihat pada Tabel 6, selisih hasil panjang antrian dengan metode MKJI 1997 terhadap panjang antrian lapangan pada pendekat utara sebesar 400,95 meter, pada pendekat selatan dengan selisih 217,78 meter, pada pendekat barat dengan selisih 262,90 meter dan pada pendekat timur dengan selisih 283,40 meter.

Selisih hasil panjang antrian dengan metode HCM 2010 terhadap panjang antrian lapangan pada pendekat utara sebesar 49,88 meter, pada pendekat selatan dengan selisih 11,72 meter, pada pendekat barat dengan selisih -36,06 meter dan pada pendekat timur dengan selisih -66,56 meter.

Selisih hasil panjang antrian dengan metode *Austrroads* 2017 terhadap panjang antrian lapangan pada pendekat utara sebesar 120,89 meter, pada pendekat selatan dengan selisih 68,16 meter, pada pendekat barat dengan selisih -9,81 meter dan pada pendekat timur dengan selisih -22,03 meter.

Berikut Tabel 7 perbedaan persentase hasil analisis panjang antrian dengan metode MKJI 1997, HCM 2010 dan *Austrroads* 2017 terhadap panjang antrian lapangan.

Tabel 7. Selisih persentase perbandingan hasil analisis panjang antrian terhadap panjang antrian lapangan

Pendekat	Persentase selisih perbandingan hasil analisis panjang antrian (%)		
	MKJI 1997	HCM 2010	<i>Austrroads</i> 2017
Utara	243,34	30,27	73,37
Selatan	115,88	6,24	36,27
Barat	295,06	40,47	11,02
Timur	306,05	71,88	23,79
Rata-rata	240,08	37,21	36,11

Berdasarkan Tabel 7 selisih persentase rata-rata panjang antrian metode MKJI 1997, metode HCM 2010, dan metode *Austrroads* 2017 terhadap panjang antrian lapangan adalah metode MKJI 1997 yaitu sebesar 240,08%, sedangkan metode HCM 2010 adalah 37,21% dan pada metode *Austrroads* 2017 persentase panjang antrian sebesar 36,11%. Hasil perhitungan panjang antrian kendaraan dengan metode HCM 2010 lebih mendekati panjang antrian kendaraan yang diukur langsung dilapangan pada jalan mayor yaitu Jalan Soekarno-Hatta (utara) dan Soekarno-Hatta (selatan) dengan persentase selisih panjang antrian terhadap lapangan sebesar 30,27% dan 6,24%. Sedangkan analisis panjang antrian kendaraan dengan metode *Austrroads* 2017, persentase selisih panjang antrian kendaraan terhadap analisis pada jalan minor yaitu Jalan Durian (Timur) dan Jalan Dharma Bakti (Barat) lebih mendekati panjang antrian dengan hasil pengukuran langsung dilapangan yaitu dengan persentase 11,02% dan 23,79%.

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut. Dari analisis panjang antrian dengan menggunakan metode MKJI 1997 diperoleh hasil panjang antrian pada pendekat utara sebesar 565,71 m, selatan sebesar 405,71 m, barat sebesar 352,00 m dan timur sebesar 376,00 m. Perbedaan panjang antrian lapangan dengan metode MKJI 1997 adalah pada pendekat utara 400,95 m, selatan 217,78 m, barat 262,90 m dan timur 283,40 m. Dari hasil analisis panjang antrian dengan metode HCM 2010 didapatkan hasil panjang antrian pada bagian utara sebesar 31,75 m, selatan sebesar 27,75 m, barat sebesar 59,89 m dan timur sebesar 32,88 m. Selisih panjang antrian lapangan dengan metode HCM 2010 adalah pada pendekat utara sebesar 49,88 m, selatan sebesar 11,72 m, barat sebesar 36,06 m dan timur sebesar 66,56 m. Dari analisis panjang antrian dengan menggunakan metode *Austrroads* 2017 didapatkan hasil panjang antrian pendekat utara sebesar 120,89 m, selatan 68,16 m, barat 9,81 m dan timur 22,03 m. Selisih panjang antrian lapangan dengan metode *Austrroads* 2017 adalah pada utara yaitu 120,89 m, selatan 68,16 m, barat 9,81 m dan timur 22,03 m. Hasil panjang antrian kendaraan dengan pengukuran langsung di lokasi survei adalah pada pendekat utara sebesar 164,77 m, selatan sebesar 187,93 m, barat sebesar 89,10 m dan timur sebesar 92,60 m. Panjang

antrian dengan metode HCM 2010 lebih mendekati panjang antrian kendaraan yang diukur langsung dilapangan pada jalan mayor, sedangkan panjang antrian kendaraan yang diukur langsung pada jalan minor lebih mendekati panjang antrian yang dihitung dengan metode *Austrroads* 2017.

## DAFTAR PUSTAKA

- Australia Road and Transport Agencis. (2017). *Guide to Traffic Management Part 3: Traffic Studies and Analysis*. Sydney.
- Direktorat Jendral Bina Marga (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Eka L, R., Seundhar P, D., Yulipriyono, E., & Kusuma, A. (2017). Perbandingan Hasil Analisis Kinerja Operasional Simpang Bersinyal dengan MKJI 1997 terhadap Hasil Pengamatan Langsung (Simpang Sukun dan Simpang Java Mall Kota Semarang). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(1), 246–262. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- Gurukasih, B., & Irawan, M. Z. (2019). *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Mirota Kampus Yogyakarta)*. 2–3.
- Jauwahir. (2000). *Analisis panjang antrian Jalan Kolonel Sugiono dan Jalan Sisingamangaraja, Yogyakarta*. Tugas Sarjana Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Mufidah, N. (2018). *Pemodelan antrian kendaraan bermotor menggunakan model antrian m/m/1 di Simpang Tiga Ringroad Utara Yogyakarta pada pagi hari dan sore hari*. Program Studi Statistika Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia, 83. [https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/7623/skripsi\\_nilam\\_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/7623/skripsi_nilam_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mujahidin, I. M., Sumarsono, A., & Legowo, S. J. (2014). Hubungan Tundaan Dan Panjang Antrian Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Akibat Penyempitan Jalan (Bottleneck) Pada Pembangunan Flyover Jalur (Studi Kasus : Jalan Raya Palur Km 7.5). *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 649–656.
- Natsir, R. (2018). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Di Kota Palopo. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 1(1), 95. [https://doi.org/10.51557/pt\\_jiit.v1i1.49](https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v1i1.49)
- Prawira, B. I. (2017). *Simulasi Dan Pemodelan Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal Untuk Mengurangi Kerugian Antrian (Studi Kasus Persimpangan Jalan Sulawesi, Pasar Keputeran, Dan Jalan Polisi Istimewa)*. Insitut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Rahayu, G., Rosyidi, S. A. P., & Munawar, A. (2009). Analisis Arus Jenuh dan Panjang Antrian pada Simpang Bersinyal: Studi Kasus di Jalan Dr . Sutomo - Suryopranoto, Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 12(1), 100. <http://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/viewFile/759/901>
- Sitanggang, L. H. S., & Harianto, J. (2013). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Jalan K.H Wahid Hasyim - Jalan Gajah Mada). Paper Knowledge. *Toward a Media History of Documents*, 1, 12–26.
- Highway Capacity Manual. (2010). *Highway Capacity Manual (HCM)*. Washington: National Research Council Washington D.C.



