

EVALUASI KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL (STUDI KASUS SIMPANG UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA)

THE EVALUATION OF THREE-LEG SIGNALIZED INTERSECTION (CASE STUDY AT UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA JUNCTION)

Nurul Hidayati¹⁾, Muhammad Rizki Agung Nugroho²⁾, Gotot Slamet Mulyono³⁾, Alfia Magfirona⁴⁾

¹⁾ Master Study Program of Civil Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta,
Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta Post Code 57102,
e-mail: nurul.hidayati@ums.ac.id

²⁾ Department of Civil Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta,
Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta Post Code 57102,
e-mail: nurul.hidayati@ums.ac.id

³⁾ Department of Civil Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta,
Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta Post Code 57102,
e-mail: gotot.slamet@ums.ac.id

⁴⁾ Department of Civil Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta,
Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta Post Code 57102,
e-mail: am389@ums.ac.id

ABSTRAK

Kemacetan lalu lintas sering terjadi di simpang karena merupakan tempat bertemunya berbagai pergerakan yang tidak sama arahnya. Perbedaan tersebut dapat menimbulkan kecelakaan lalu lintas, seperti yang terjadi di simpang bersinyal sekitar gerbang utama Universitas Muhammadiyah Surakarta. Simpang ini berada pada pusat tarikan pergerakan karena berdekatan dengan pusat perbelanjaan modern, perkantoran, dealer kendaraan, kampus dan rumah sakit. Adanya halte Batik Solo Trans di sekitar simpang tersebut juga menyebabkan adanya aktivitas bus yang berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi simpang bersinyal yang terjadi pada saat *peak hour* pagi dan siang. Evaluasi yang dilakukan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, dengan parameter utama penilaian kinerja adalah derajat kejenuhan, antrian dan tundaan. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa arus simpang tertinggi adalah 3123,7 smp/jam yang terjadi pukul 13.30-14.30, dengan volume pendekatan tertinggi ada di Barat sebesar 1572,9 smp/jam. Kapasitas pada pendekatan ini adalah sebesar 879,8 smp/jam, sehingga diperoleh derajat kejenuhan sebesar 1,71. Nilai ini sudah melebihi standar yang ditentukan yaitu sebesar 0,85. Selain Barat, pendekatan lain yang tidak memenuhi adalah Utara dan Timur fase 1. Oleh karena itu simpang dianggap sudah tidak layak lagi. Berdasarkan hasil tersebut, maka simpang perlu dilakukan perbaikan, diantaranya melalui pengaturan ulang sinyal (baik fase maupun waktu sinyal), maupun dengan memperbaiki kondisi lingkungan sekitarnya termasuk geometriknya.

Kata kunci: Kinerja Simpang, Derajat Kejenuhan, Antrian, Tundaan

ABSTRACT

Traffic jams often occur at the intersection because it is a meeting place for various movements that are not in the same direction. This difference can lead to traffic accidents, such as what happened at the signalized intersection around the main gate of Universitas Muhammadiyah Surakarta. This intersection is in the centre of attraction because it is close to modern shopping centres, offices, vehicle dealers, campuses and hospitals. The existence of the Batik Solo Trans stop around the intersection also causes bus activity to stop to pick up and drop off passengers. This study aims to evaluate the condition of signalized intersections that occur during peak hours in the morning and afternoon. The evaluation was carried out using the 1997 Indonesian Highway Capacity Manual, with the main parameters of performance assessment being the degree of saturation, queues and delays. Based on the results of the analysis, it can be concluded that the highest intersection volume is 3123.7 pcu/hour which occurs at 13.30-14.30, with the highest approach volume in the West is 1572.9 pcu/hour. The capacity in this approach is 879.8 pcu/hour, so that the degree of saturation is 1.71. This value has exceeded the specified standard of 0.85. In addition to the West, other approaches that do not fulfil are North and East of phase 1. Therefore, the intersection is considered no longer feasible. Based on these results, the intersection needs to be improved, including through resetting the signal (both signal phase and timing), as well as by improving the surrounding environmental conditions including its geometry.

Keywords: Signalized Performance, Degree of Saturation, Queue, Delay

PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang sangat penting bagi masyarakat karena merupakan prasarana penghubung antar daerah serta untuk memenuhi kebutuhan ekonomi, sosial, dan budaya. Semakin pesatnya pertumbuhan penduduk

mengakibatkan semakin banyaknya jumlah kendaraan di jalan yang digunakan sebagai prasarana transportasi untuk menunjang kebutuhan masyarakat. Kemacetan lalu lintas dapat terjadi karena jumlah kendaraan yang melalui tidak dapat dilayani oleh prasarana jalan yang ada, termasuk simpang. Kemacetan di simpang karena

lokasi ini merupakan tempat bertemunya dua jalan atau lebih dengan berbagai pergerakan yang tidak sama arahnya, baik pergerakan orang dengan kendaraan atau pun yang tanpa kendaraan (pejalan kaki).

Simpang Bersinyal UMS (Universitas Muhammadiyah Surakarta) yang terletak di pertemuan jalan antara Jl. Ahmad Yani dan Jl. Garuda Mas merupakan salah satu titik rawan kemacetan di Kota Sukoharjo. Lokasi tersebut berada pada kawasan bangkitan dan tarikan pergerakan yang terdiri dari: perbelanjaan (Transmart Pabelan), perkantoran (Balai Sungai Bengawan Solo, Balai Sungai PUSAIR Solo, Perum Jasa Tirta 1 Solo, Dealer Suzuki Solo dan lain-lain), kampus dan rumah sakit. Selain itu, simpang ini merupakan jalur yang dilewati lalu lintas kendaraan menuju dan dari Surakarta. Adanya halte BST (Batik Solo Trans) di sekitar simpang tersebut juga memperparah kondisi kemacetan karena adanya aktivitas bus yang berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang.

UMS sebagai salah satu Universitas swasta terbesar di Surakarta tentunya turut berkontribusi dalam pengembangan riset termasuk di bidang transportasi, sehingga diharapkan mampu memberikan solusi permasalahan transportasi di sekitarnya. Oleh karena itu penelitian ini perlu dilakukan dikarenakan kondisi eksisting yang ada semakin padat oleh penumpang arus lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi simpang bersinyal yang terjadi pada saat *peak hour* pagi dan siang. Parameter yang masih relevan untuk menilai kondisi kinerja simpang tersebut didasarkan pada MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997, antara lain adalah derajat kejenuhan, antrian dan tundaan.

STUDI PUSTAKA DAN TEORI

Hasil Penelitian Sejenis

Hidayati dkk (2012) mengkaji keberadaan fasilitas Zona Selamat Sekolah (ZoSS) di beberapa ruas jalan. Penelitian tersebut difokuskan pada arus lalu lintas yang heterogen dan tingkat aktivitas di jalan-jalan perkotaan karena terkait dengan ZoSS yang merupakan skema manajemen keselamatan lalu lintas. Studi tersebut menggunakan konsep hambatan samping untuk mengukur pengaruh kegiatan di tepi jalan terhadap waktu tempuh perjalanan. Kajian tentang *traffic calming* untuk perjalanan sekolah dalam kondisi lalu lintas tercampur adalah bidang yang relatif terabaikan dalam literatur transportasi.

Hidayati, dkk (2016) meneliti tentang manajemen lalu lintas berbasis jaringan guna mengatasi masalah transportasi di Surakarta. Berdasarkan analisis diketahui jumlah kendaraan pribadi di Kota Surakarta mengalami pertumbuhan yang cukup pesat. Akibat kondisi tersebut, kemacetan lalu lintas yang sangat parah sering terlihat di beberapa kawasan. Meskipun angkutan umum telah ada, namun keberadaannya, baik dari segi kuantitas maupun kualitas, masih belum dapat menarik pengguna kendaraan pribadi untuk beralih menggunakan kendaraan umum. Dishubkominfo Surakarta selaku instansi yang berwenang telah mencoba menanggapi beberapa permasalahan kemacetan di Surakarta. Hal ini dapat dilihat dari pemberlakuan perubahan arah pergerakan lalu lintas di beberapa ruas jalan, termasuk di Jl. Teuku Umar dan Jl. Dr. Soeharso. Solusi yang ditawarkan dalam mengatasi kemacetan lalu lintas, diharapkan tidak menyebabkan semakin parah permasalahan di tempat lainnya. Kondisi kinerja pada kawasan tersebut sudah berada pada kondisi tidak stabil sampai lewat jenuh. Kondisi ini diketahui dari nilai derajat kejenuhan yang mayoritasnya di atas 0,75, sehingga tingkat pelayanannya termasuk level D, E dan F.

Chodur et al (2016) meneliti variabilitas kapasitas dan kinerja lalu lintas pada simpang bersinyal di perkotaan dan pedesaan. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik variabilitas dan mengidentifikasi perbedaan kedua tipe simpang tersebut. Parameter kinerja simpang yang dinilai

adalah arus jenuh. Jalur lalu lintas menerus yang melewati persimpangan di pedesaan memiliki rata-rata arus jenuh yang lebih rendah (sekitar 30%) dibandingkan di perkotaan. Selain itu, berdasarkan perbandingan permintaan arus dan desain simpang, kinerja lalu lintas pada persimpangan di pedesaan menunjukkan hasil yang lebih buruk (memiliki nilai tundaan yang lebih besar) dibandingkan di perkotaan.

Ge et al (2011) mengevaluasi kinerja simpang dengan *Area Traffic Control System* (ATCS) di Wuhan. Evaluasi dilakukan pada dua kondisi yang berbeda, yaitu sebelum dan sesudah pengimplementasian ATCS oleh Pemerintah. Metode yang digunakan adalah teorema *floating car* dengan tolak ukur utama dalam penilaian kinerja simpang adalah tundaan simpang dan rata-rata kendaraan berhenti. Selama melakukan investigasi lalu lintas, beberapa teknologi seperti ArcGIS, GPS, VC++ juga telah diaplikasikan. Hasil evaluasi menunjukkan rata-rata tundaan dan kendaraan berhenti tereduksi setelah adanya implementasi ATCS. Peningkatan kondisi lalu lintas terlihat lebih jelas ketika dilakukan koordinasi pengendalian simpang.

Artikel ini menampilkan hasil penelitian pada studi kasus tertentu sebagaimana telah disampaikan di bagian pendahuluan. Meskipun metode yang digunakan (MKJI 1997) sama dengan yang peneliti sebelumnya, akan tetapi data yang digunakan dalam analisis berbeda baik lokasi maupun waktunya.

Landasan Teori

Simpang merupakan pertemuan antara dua atau lebih ruas jalan yang bergabung, berpotongan atau bersilang. Simpang dapat berupa simpang sebidang (elevasi sama), atau simpang tak sebidang (elevasi tidak sama) (Morlok, 1991). Khisty dan Lall (2005) menyatakan bahwa peralatan pengendalian lalu lintas di simpang terdiri dari beberapa jenis yaitu rambu, penghalang yang dapat dipindahkan dan lampu lalu lintas. Ketiga jenis alat pengendalian lalu lintas tersebut dapat digunakan secara terpisah maupun digabungkan bila diperlukan. Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) sinyal lalu lintas dapat dipergunakan untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik yang terjadi pada simpang. Selain itu, jenis ini memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (minor) untuk memotong jalan mayor.

Proses analisis simpang bersinyal berdasarkan MKJI 1997 memerlukan data kondisi geometrik, lingkungan, dan lalu lintas. Chaudhry dan Ranjitkar (2015), mendefinisikan kapasitas sebagai jumlah kendaraan yang lewat suatu persimpangan per jam selama waktu hijau. Adeleke dkk (2013) menyebutkan bahwa kapasitas simpang juga dapat digunakan dalam menilai kualitas pelayanan simpang. Kapasitas tiap pendekatan (C , smp/jam) pada simpang bersinyal dihitung dengan Rumus 1.

$$C = S \times g/c \quad (1)$$

Nilai arus jenuh tiap pendekatan (S , smp/jam/hijau) diperoleh dari Rumus 3. Nilai ini dipengaruhi oleh nilai arus jenuh dasar (S_0) yang dihitung menggunakan Rumus 2.

$$S_0 = 600 \times We \quad (2)$$

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (3)$$

Parameter We adalah lebar efektif pendekatan, sedangkan F adalah faktor penyesuaian ukuran kota (*City Size*), hambatan samping (*Side Friction*), kelandaian (*Gradien*), parkir (P), belok kanan (*Right Turning*), dan belok kiri (*Left Turning*). Hambatan samping menyatakan aktifitas di sisi jalan yang dapat mempengaruhi pergerakan arus lalu lintas kendaraan (Saputro, 2007, Asnah, 2015, dan Hartanto dkk, 2018). Nilai-nilai faktor penyesuaian dapat ditentukan berdasarkan Tabel 1 dan 2, dan Rumus 4 dan 5.

Tabel 1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota F_{CS} (MKJI, 1997)

Penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)
> 3,0	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
< 0,1	0,82

Faktor penyesuaian parkir (F_P), ditentukan dengan Rumus 4. Nilai faktor ini dipengaruhi oleh jarak garis henti dengan kendaraan

parkir pertama (L_P dalam meter), lebar pendekat (W_A dalam meter) dan waktu hijau pada pendekat (g dalam detik).

$$F_P = [L_P/3 - (W_A - 2) \times L_P/3 - g]/W_A/g \quad (4)$$

Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) dan belok kiri (F_{LT}) untuk tipe terlindung, tanpa median, jalan dua arah dapat dihitung dengan Rumus 5.

$$F_{RT} = 1 + 0,26 P_{RT} \quad F_{LT} = 1 - 0,1 P_{LT} \quad (5)$$

Tabel 2. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping F_{SF}

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Ringan	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Ringan	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/ Ringan	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Kapasitas digunakan untuk mencari nilai derajat kejenuhan (DS). Nilainya diperoleh dari perbandingan antara arus lalu lintas (Q) terhadap kapasitasnya (C) keduanya dalam satuan smp/jam. Nilai tersebut dapat digunakan untuk menentukan tingkat pelayanan simpang maupun ruas jalan. Nilai DS diharapkan di bawah 0,75 agar kondisi fasilitas masih dikatakan stabil (MKJI, 1997). Setelah derajat kejenuhan diperoleh, maka dapat digunakan untuk analisis parameter kinerja lainnya seperti: jumlah antrian (NQ), panjang antrian (QL), kendaraan terhenti (NS) dan tundaan (D). Nilai-nilai tersebut dapat dihitung dengan Rumus 6 sampai Rumus 11.

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0,5)}{C}} \right] \quad (6)$$

Rumus 6 hanya berlaku untuk $DS \geq 0,5$, jika tidak nilainya sama dengan 0.

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (7)$$

NQ_1 menyatakan jumlah antrian yang tersisa dari fase hijau sebelumnya, sedangkan NQ_2 yaitu jumlah antrian kendaraan yang datang selama fase merah (smp). Nilai GR diperoleh dari rasio hijau (g) dengan waktu siklus (c). Kedua jumlah antrian dijumlahkan untuk mendapatkan jumlah antrian total (NQ) yang kemudian digunakan untuk mencari NQ_{maks} (MKJI, 1997). Nilai ini digunakan untuk menentukan panjang antrian (QL), tundaan lalu lintas (DT), tundaan geometrik (DG) dan tundaan total (D) seperti Rumus 8 - 12.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{ENTRY}} \quad (8)$$

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (9)$$

$$A = \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{1-GR \times DS} \quad (10)$$

$$DG = (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4) \quad (11)$$

$$D = DT + DG \quad (12)$$

P_{sv} menyatakan rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat, sedangkan P_T adalah rasio kendaraan berbelok pada suatu pendekat.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian di Jalan Ahmad Yani tepatnya pada Simpang Tiga Bersinyal UMS Surakarta. Berdasarkan pengamatan di lapangan, simpang ini dapat dikategorikan sebagai simpang tiga dari sisi bentuk serta pengaturan lampu lalu lintasnya. Akan tetapi, karena pada area simpang tersebut ada pintu gerbang menuju area perkantoran, maka untuk selanjutnya dianalisis sebagai simpang empat. Penelitian dilakukan pada Rabu, 4 April 2018, dengan waktunya dibagi menjadi 2 sesi. Sesi pertama pada jam 06.00-08.00 WIB dan sesi kedua pada jam 13.00-15.00 WIB.

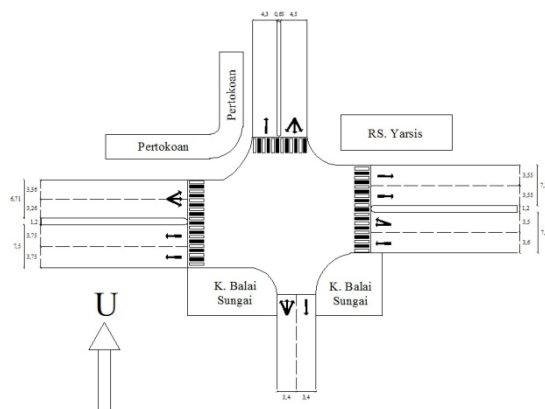
Pelaksanaan penelitian dibagi dalam beberapa tahap. Tahap pertama meliputi perumusan masalah dan tujuan, kajian pustaka, dan penyusunan metode penelitian termasuk menyiapkan formulir survey. Tahap kedua adalah mencari data sekunder dari dinas terkait yang meliputi: peta lokasi, dan jumlah penduduk. Selain itu, tahap ini juga mengambil data primer yang terdiri dari kondisi geometrik dan lingkungan jalan, waktu persinyalan dan volume lalu lintas. Tahap ketiga adalah analisis data yang dikelompokkan menjadi: karakteristik jaringan jalan (klas, tipe, geometri, dan hambatan samping), persinyalan (pengaturan fase, setting waktu hijau, kuning, merah dan siklus), kinerja tiap pendekat simpang (kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrian dan tundaan). Tahap terakhir adalah pengambilan kesimpulan dan penyampaian saran. Sebagaimana telah ditampilkan dalam bagian landasan teori, analisis kinerja mengacu pada MKJI 1997.

$$\left[(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0,5)}{C}} \right] \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (13)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geometrik dan Lingkungan

Berdasarkan pengamatan Simpang UMS dikategorikan dalam Simpang Tiga Bersinyal. Akan tetapi karena pada sisi selatan ada pintu masuk menuju area perkantoran, maka arus dari lokasi ini perlu dipertimbangkan. Kondisi geometrik simpang tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Kondisi Geometrik Simpang UMS

Simpang UMS termasuk dalam wilayah Kabupaten Sukoharjo dengan jumlah penduduk 0,87 juta jiwa. Berdasarkan Tabel 1, kota ini termasuk kategori kota sedang dengan nilai faktor penyesuaian ukuran kotanya adalah 0,94.

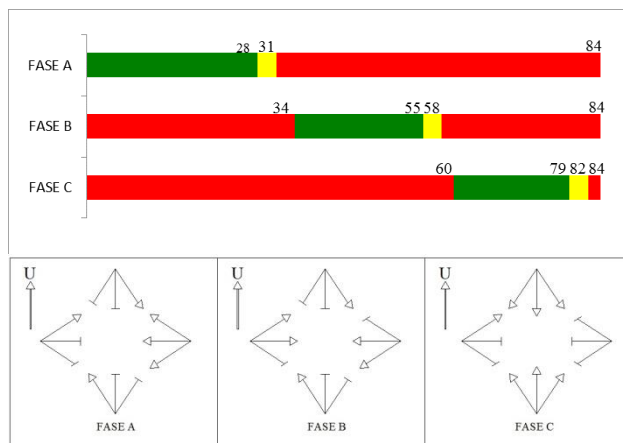
Kondisi Arus Lalu Lintas

Kondisi arus lalu lintas di simpang dibedakan dengan pergerakan lalu lintas menerus dan berbelok. Arus tersebut terdiri dari berbagai jenis kendaraan bermotor. Jumlah kendaraan yang lewat tiap periode diambil secara langsung di lapangan kemudian dianalisis untuk dikonversi dalam satuan smp/jam. Hasil analisis arus lalu lintas pada masing-masing jam puncak dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Arus Lalu Lintas Jam Puncak

Fase	Lengan	Arus (Smp/jam)			Total
		ST	RT	LT	
A	Timur RT dan ST ₁	524,17	193,6	3,5	721,27
		393,13	0	1	394,13
B	Timur ST ₂ Barat	1279,4	79,2	214,3	1572,9
		1,6	3,6	1,4	6,6
C	Utara	174,7	244,5	9,6	428,8

Berdasarkan Tabel 3 dapat dijumlahkan arus total yang terjadi pada periode puncak siang (13.30-14.40) tersebut sebesar 3123,7 smp/jam. Arus lalu lintas ini diatur pergerakannya dengan menggunakan sinyal lampu lalu lintas. Berdasarkan hasil survey diketahui simpang tersebut diatur dalam 3 fase dengan waktu sinyal (hijau, kuning dan merah) seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Kondisi Persinyalan Simpang UMS

Kapasitas dan Kinerja Pendekat Simpang

Berdasarkan data yang ada kemudian dianalisis secara bertahap untuk mendapatkan kinerja masing-masing pendekatnya. Sebagaimana disampaikan dalam bagian teori, analisis diawali dengan mencari nilai arus jenuh (S), kapasitas, derajat kejenuhan, antrian, dan tundaan.

Nilai arus jenuh menyatakan besarnya keberangkatan antrian dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan. Nilainya dapat ditentukan dengan mengacu pada Rumus 3. Kapasitas yang dimaksud dalam simpang bersinyal adalah kapasitas tiap pendekat simpang. Nilainya dapat diperoleh menggunakan Rumus 1. Berdasarkan nilai arus yang dibandingkan dengan kapasitas untuk tiap pendekat maka diperoleh nilai derajat kejenuhan. Nilai ketiga parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Arus Jenuh

Pendekat	S	C	DS
	(smp/jam hijau)	(smp/jam)	
Timur RT	1.835,4	611,8	0,32
Timur ST ₁	1.820,7	606,9	0,87
Timur ST ₂	1.888,3	472,075	0,83
Barat	3.441,7	879,8	1,71
Selatan	874,2	197,736	0,03
Utara	1.938,8	438,538	1,11

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa pendekat Barat memiliki nilai arus jenuh yang paling tinggi dibandingkan dengan pendekat lain. Hal ini menunjukkan arus yang menuju Kota Surakarta lebih banyak dibanding yang lain. Berdasarkan pengamatan, pada periode puncak tersebut banyak kendaraan berat yang mulai bergerak menuju ke arah barat. Tabel 4 juga menunjukkan bahwa kapasitas pendekat tertinggi adalah di pendekat Barat 879,800 smp/jam, sedangkan paling sedikit adalah pendekat Selatan 197,736 smp/jam. Hasil kedua parameter di atas mempengaruhi nilai derajat kejenuhannya. Hal ini terbukti bahwa nilai DS tertinggi terjadi di pendekat Barat, dan terkecil di pendekat Selatan. Meskipun demikian 3 pendekat nilai DSnya tidak memenuhi persyaratan MKJI 1997 (kurang dari 0,850). Hal ini menunjukkan simpang tidak layak, perlu diatur ulang atau perlu ada tindakan lebih lanjut.

Setelah nilai derajat kejenuhan diperoleh maka dapat digunakan untuk menentukan jumlah antrian (NQ), dan panjang antrian (QL). Jumlah antrian menyatakan jumlah rata-rata antrian yang dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ₁) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ₂). Sebagaimana telah disampaikan di bagian teori

(Rumus 6,7, dan 8), nilai di atas dapat digunakan untuk mencari QL seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Antrian Tiap Pendekat

Pendekat	NQ ₁ (smp)	NQ ₂ (smp)	NQ (smp)	QL (m)
Timur RT	0,000	3,371	3,371	34,285
Timur ST ₁	0,353	11,561	11,914	102,857
Timur ST ₂	0,241	8,681	8,922	83,333
Barat	312,541	48,079	360,620	208,644
Selatan	0,000	0,120	0,120	11,765
Utara	24,794	11,784	36,578	226,67

Tabel 5 menunjukkan bahwa jumlah antrian terbanyak terjadi di Pendekat Barat. Hal ini dipengaruhi oleh nilai DS pada pendekat tersebut adalah tertinggi. Meskipun demikian, jika melihat nilai panjang antrian, maka nilai tertinggi terjadi pada Pendekat Utara. Kondisi ini terjadi karena nilainya dipengaruhi oleh lebar masuk pendekat, dimana bagian Utara lebih sempit dibanding Barat.

Setelah antrian, parameter kinerja tiap pendekat yang dicari adalah tundaan (D) baik akibat lalu lintas (DT) maupun akibat geometrik simpang (DG). Total tundaan tiap pendekat tersebut kemudian digunakan untuk mengetahui tundaan simpang. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa tundaan terlama tiap pendekat terjadi di Pendekat Barat. Sama halnya dengan antrian, nilai tundaan dipengaruhi oleh rasio volume dengan kapasitas atau derajat kejenuhan. Karena pendekat ini memiliki DS lebih dari 1, yaitu 1,71, maka menyebabkan nilai tundaan akibat lalu lintasnya sangat tinggi. Hal ini tidak terlihat pada tundaan geometrik, dimana nilainya hampir sama berkisar antara 3-4,5 detik/smp.

Tabel 6. Tundaan Tiap Pendekat Simpang

Pendekat	DT	DG	D	D _{total arus}
	(detik/smp)			detik
Timur RT	87,5	3,22	90,72	17.563,4
Timur ST ₁	34,278	3,21	37,488	19.781,3
Timur ST ₂	39,789	3,5	43,289	17.018,2
Barat	1297,288	4	1301,288	2.046.795,9
Selatan	25,321	4,16	29,481	194,6
Utara	232,815	4	236,815	115.755,2
Total volume			Tundaan simpang	
Q _{simpang} = 3123,7 smp/jam			DI = 705,2 detik/smp	

Tabel 6 juga menunjukkan bahwa dengan jumlah total arus di simpang sebesar 3123,7 smp/jam, maka tundaan seluruh simpang pada periode tersebut diperoleh 705,2 detik/smp.

Berdasarkan hasil analisis terhadap nilai DS (Tabel 4) beberapa pendekat sudah dianggap tidak layak karena nilainya melebihi standar sebesar 0,85. Oleh karena itu perlu ada perbaikan agar nilai tersebut menurun. Salah satu cara yang bisa dilakukan untuk perbaikan adalah dengan pengaturan ulang persinyalannya. Analisis di atas dilakukan berdasarkan kondisi fase dan waktu sinyal di lapangan, sehingga perlu direncanakan ulang berdasarkan volume yang ada. Alternatif lain yang bisa dilakukan secara teori adalah dengan perbaikan geometrik serta permukaan jalan di Pendekat Barat termasuk mengatur perparkiran di sekitarnya. Alternatif lain yang dapat dilakukan terutama pada Pendekat Utara adalah manajemen arus lalu lintas dari dalam Kampus. Hal ini terkait pintu masuk/keluar kendaraan roda empat berada di sekitar pendekat tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa arus Simpang UMS tertinggi adalah 3123,7 smp/jam yang terjadi pukul

13.30-14.30, dengan pendekat tertinggi ada di Barat sebesar 1572,9 smp/jam. Pendekat tersebut memiliki kapasitas sebesar 879,8 smp/jam, sehingga diperoleh derajat kejenuhan sebesar 1,71. Nilai ini sudah melebihi standar yang ditentukan yaitu sebesar 0,85. Selain barat, pendekat lain yang tidak memenuhi adalah Utara dan Timur menerus (ST₁). Oleh karena itu simpang dianggap sudah tidak layak lagi. Berdasarkan hasil tersebut, maka simpang perlu dilakukan perbaikan, diantaranya melalui pengaturan ulang sinyal (baik fase maupun waktu sinyal), maupun dengan memperbaiki kondisi lingkungan sekitarnya termasuk geometriknya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Penelitian Reguler Kompetitif (PEREKOM) tahun anggaran 2018. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada Universitas Muhammadiyah Surakarta, khususnya Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat serta Fakultas Teknik atas dukungannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeleke, O., Jimoh, Y. A., & Salami, A. (2013). Determination of capacity at traffic warden controlled intersection using fixed-time signalized intersection capacity model. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering Tome XI (2013) - Fascicule 3 (ISSN 1584 - 2673)*, 33-36.
- Asnah, S. (2015). Analisis Hambatan Samping di Kawasan CBD Terhadap Kinerja Jalan (Studi Kasus :Ruas Jalan Yos Sudarso, Surakarta) (TA Unpublished). UMS.
- Chaudhry, M. S., & Ranjitkar, P. (2015). Traffic signal design with an increasing queue discharge rate. *Asian Transport Studies, Volume 3, Issue 3*, 328-344.
- Chodur, J., Ostrowski, K., & Tracz, M. (2016). Variability of capacity and traffic performance at urban and rural signalized intersections. *Transportation Research Procedia*, 15, 87-99.
- Ge, H., Zou, Z., & Zhou, Z. (2011). Evaluation of Intersection Performance under Atc System in Wuhan.
- Hartanto, D.E., Hidayati, N., Mulyono, G.S., Magfirona, A. (2018). Analisis Hambatan Samping terhadap Kinerja Ruas Jalan Ahmad Yani pabelan Surakarta. *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke 21. Universitas Brawijaya, Malang.*
- Hidayati, N., Hartadi, M., Mulyono, G. S., & Setyaningsih, I. (2016). Manajemen Lalu Lintas Berbasis Jaringan Guna Mengatasi Masalah Transportasi di Surakarta (Laporan Akhir Hibah PUPT). UMS.
- Hidayati, N., Liu, R., & Montgomery, F. (2012). The Impact of School Safety Zone and Roadside Activities on Speed Behaviour: the Indonesian Case. *15th meeting of the EURO Working Group on Transportation (pp. 1339 - 1349)*. Elsevier Ltd.
- Khisty, C. J., & Lall, B. K. (2005). *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*. Jakarta: Erlangga.
- MKJI. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Bina Marga.
- Morlok, E. K. (1991). *Introduction to Transport Engineering and Planning (Pengantar teknik dan perencanaan transportasi)* alih bahasa Johan Kelanaputra Hainim. Jakarta: Erlangga.
- Saputro, W. P. (2007). Pengaruh Hambatan Samping terhadap Karakteristik Arus Lalu Lintas (Studi Kasus di Jalan Jenderal Sudirman, Salatiga) (TA Unpublished). UMS.