

Dampak *Junction Metering* dalam Meningkatkan Kinerja Simpang Menggunakan Piranti Lunak *Vissim*

*Anton Budiharjo, Pipit Rusmandani, Keke Inggriani, Mohammad Archi Mauluya
Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, ⁴Universitas Mataram, Mataram
) anton@pktj.ac.id

Received: 30 April 2020 Revised: 6 Desember 2021 Accepted: 7 Desember 2021

Abstract

Sight distance that's not suitable with the standard, the queue time and the low awareness of vehicle users to give priority to other road users is the reasons for the hampered of traffic movements and reducing the use of intersections. The majority of vehicles for or on minor road use the opponent's lane because there are no markers, this causes conflict crossing and merging. The researchers conducted study of Junction Metering which consisted of control and sensor settings to improve safety for road users. The method that used for analysis of intersection performance using calculation by software Vissim Full Version and Gap Raff and Hunt. Data collected in this study consisted of four aspects, (1) inventory of intersections; (2) traffic volume; (3) traffic speed; and (4) timelapse. Then alternative junction metering carried out with existing condition. Variable of comparison are level of service, queue length and vehicle delay. The Effectiveness alternative treatment using junction metering can reduce the queue length by 75% and vehicle delay by 17% with the average level of service is A.

Keywords: *Conflict, junction metering, vissim, LOS A*

Abstrak

Jarak pandang yang tidak sesuai standar, waktu antrian dan rendahnya kesadaran pengguna kendaraan bermotor untuk memberikan prioritas kepada pengguna jalan lain merupakan suatu penyebab terhambatnya pergerakan lalu lintas dan mengurangi kinerja persimpangan. Mayoritas kendaraan ketika menuju ataupun pada jalan minor menggunakan lajur lawan karena tidak terdapat marka pembagi, hal tersebut menyebabkan terjadinya konflik berupa crossing dan merging. Berdasarkan hal tersebut maka peneliti melakukan penelitian mengenai Junction Metering yang terdiri dari pengaturan kontrol dan sensor untuk meningkatkan keselamatan bagi pengguna jalan. Metode yang digunakan dalam analisis kinerja simpang adalah dengan menggunakan bantuan software PTV Vissim Full Version dan perhitungan Gap Raff and Hunt. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari empat aspek, (1) inventarisasi simpang; (2) volume lalu lintas; (3) kecepatan lalu lintas; dan (4) selang waktu. Penanganan dari permasalahan berupa junction metering yang kemudian dilakukan perbandingan dengan kondisi eksisting. Variabel pembandingan berupa tingkat pelayanan, panjang antrian dan waktu tundaan. Efektifitas penanganan simpang menggunakan junction metering dapat mengurangi panjang antrian menjadi 75% dan waktu tundaan 17% dengan klasifikasi tingkat pelayanan rata-rata simpang adalah A.

Kata kunci: *Konflik, junction metering, vissim, LOS A*

Pendahuluan

Kota Malang disebut sebagai kota pendidikan dengan tingkat mobilitas tinggi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Malang Tahun 2017, jumlah sepeda motor tercatat 476.017 unit dan total kendaraan roda empat dan kendaraan besar lainnya sebanyak 116.755 unit. Sedangkan ruas

jalan terdiri atas 2.960 ruas dengan panjang mencapai 1.221.316,58 meter. Peningkatan pergerakan arus lalu lintas disebabkan oleh pengeporasian jalan yang tidak efektif. Persimpangan merupakan salah satu hambatan dalam jaringan lalu lintas jalan perkotaan (Suriwati *et al.*, 2004). Ertugay (2019) menyatakan bahwa angka kecelakaan pada simpang tak bersinyal

diperkirakan sebesar 0,60 kecelakaan/juta kendaraan, dikarenakan kurangnya perhatian pengemudi terhadap rambu *yield* dan rambu *stop*.

Geometrik persimpangan yang tidak memenuhi standar juga menjadi permasalahan serius, salah satunya adalah jarak pandang (*sight distance*) pengguna jalan yang terbatas karena terhalang oleh suatu bangunan ataupun hambatan samping lainnya (Shmal *et al.*, 2018). Persimpangan merupakan sumber permasalahan lalu lintas serius apabila tidak dilakukan penanganan dengan baik (Amal, 2019). Hal tersebut dapat meningkatkan waktu tundaan dan meningkatkan kemacetan lalu lintas (Kin *et al.*, 2018). Simpang prioritas (tak bersinyal) merupakan simpang yang sangat berbahaya, karena tidak ada kontrol lalu lintas dilokasi tersebut, hanya tergantung dari perilaku pengguna jalan. Apabila perilakunya buruk, maka lokasi tersebut berbahaya dan menjadi ancaman yang nyata bagi keselamatan berlalu lintas (Department of Transportation (DOT), 2009)

Simpang tiga tak bersinyal Pasar Oro-Oro Dowo merupakan salah satu simpang yang masuk dalam kategori *black spot* di Kota Malang. Permasalahan utamanya adalah jarak pandang pengguna jalan yang terbatas dan terhalang oleh bangunan warga sekitar, sehingga sering menimbulkan konflik lalu lintas bahkan tak jarang menjurus ke konflik yang serius (kecelakaan). Sehingga persimpangan ini perlu adanya kajian khusus yang nantinya bisa memberikan solusi dan rekomendasi penanganan terhadap permasalahan yang ada.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas mengenai persimpangan antara lain penelitian dari (Wicaksono *et al.*, 2017) yang dilakukan di Kota Semarang dengan hasil perlu adanya skenario untuk melakukan upaya manajemen lalu lintas dan dievaluasi berdasarkan pola pergerakan yang selalu dinamis. Dalam penelitian (Listiana & Sudibyo, 2019) menyebutkan bahwa untuk meningkatkan tingkat pelayanan simpang menjadi B perlu upaya-upaya antara lain melarang angkutan umum untuk berhenti menunggu penumpang di area mulut simpang dan melarang pedagang kaki lima yang melebihi bahu jalan. Selain itu menurut penelitian (Kuncoro *et al.*, 2019) mendapatkan hasil bahwa salah satu strategi untuk meningkatkan kinerja simpang tak bersinyal adalah memasang lampu *traffic light*/ alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) apabila derajat kejenuhannya sudah melampaui angka satu.

Dari penelitian yang ada memang belum pernah ada yang membahas mengenai strategi manajemen persimpangan menggunakan alat yang disebut dengan *junction metering*. Alat ini merupakan ide

orisinil dari penulis melihat dari aplikasi ramp metering yang banyak dipasang di jalan-jalan di luar negeri. salah satunya adalah penelitian dari (Liu & Wang, 2013) di California (USA) yang mengatakan bahwa *ramp metering* bertujuan untuk mengatur pergerakan di jalan minor yang akan bergabung ke jalan utama atau mayor, sehingga tercipta keselamatan dan kelancaran berlalu lintas. Sampai saat ini belum ada yang mengimplementasikan model alat tersebut di persimpangan. *Ramp metering* jamak dipasang di ruas jalan, baik jalan arteri maupun jalan tol /bebas hambatan di luar negeri. Oleh karena itu penulis melakukan penelitian alat *ramp metering* di simulasikan di persimpangan.

Cara kerja *ramp metering* adalah ketika kendaraan dari jalan arteri membentuk antrian dibelakang garis henti kemudian kendaraan tersebut di lepas secara individual ke jalur utama dengan pengaturan *control signal* pada *ramp* yang terkoordinasi dengan *detector* (Sanggawuri & Handajani, 2019).

Berbeda dengan kinerja menggunakan APILL yang membagi penggunaan ruang lalu lintas berdasarkan waktu yang ada yaitu berupa waktu siklus yang terbagi menjadi beberapa tahap sinyal lampu (Austroads, 2020). Penggunaan APILL yang tidak tepat dapat memperburuk keadaan simpang tersebut. Penggunaan waktu harus dapat terbagi dengan baik, sehingga didapatkan proporsi antara waktu siklus optimum dan tundaan (*delay*) minimum (Salter, 2013).

Demi tercipta keselamatan dan kelancaran lalu lintas dilokasi penelitian serta tersinspirasi dari manfaat *ramp metering* yang sudah disebutkan sebelumnya, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan ramp metering di persimpangan dengan menggunakan mikrosimulasi *Vissim*. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi kepentingan dunia akademisi yaitu dapat memperkaya kajian manajemen lalu lintas serta dapat bermanfaat bagi Pemerintah, khususnya untuk Dinas Perhubungan Kota Malang dalam memberikan penanganan lalu lintas di simpang tiga tak bersinyal Pasar Oro-Oro Dowo.

Metode

Metode penelitian yang digunakan seperti ditunjukkan pada bagan alir dalam Gambar 1. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan survei inventarisasi simpang pada lokasi penelitian dengan target data yang akan didapatkan yaitu data lebar simpang, lebar jalur efektif persimpangan, lebar bahu jalan, lebar median, lebar trotoar, jenis perkerasan jalan, tipe jalan, fungsi jalan dan status jalan dan perlengkapan jalan.



Gambar 1. Bagan Alir penelitian

Survei volume lalu lintas di persimpangan dilakukan dengan cara survei *classified turning movement counting* (CTMC). Survei CTMC dilaksanakan dengan melakukan pengamatan dan pencacahan langsung pada tiap-tiap kaki persimpangan pada waktu jam sibuk dengan tujuan guna mendapatkan data volume lalu lintas paling padat. Data kecepatan lalu lintas didapatkan dengan cara survei kecepatan sesaat (*spotspeed*). Survei tersebut mengacu dan telah sesuai dengan (Garber & Hoel, 2009).

Analisis *gap* kritis diperoleh dalam penelitian ini menggunakan model Deterministik. Beberapa *gap* kritis telah digunakan, seperti median, mean, atau ukuran *gap* tertentu di mana persentase penolakan dan penerimaan adalah sama. Data yang diplotkan dalam metode ini merupakan data *gap* ditolak dan *gap* diterima, sebagaimana persamaan 1.

$$t_c = t_1 \frac{\Delta t(r-m)}{(n-p)+(r-m)} \quad (1)$$

Dimana t_c adalah *gap* kritis dalam satuan detik, m adalah jumlah *gap*/lag yang diterima $<t_1$, r adalah jumlah *gap*/lag yang ditolak $>t_1$, n adalah jumlah *gap*/lag yang diterima $<t_1$ serta p adalah jumlah *gap*/lag yang ditolak $>t_1$.

Sedangkan data yang digunakan untuk analisis *gap* adalah data volume lalu lintas, *gap*. Data *gap* diambil dari video, kemudian data ini di analisis menggunakan metode *Raff dan Hunt* dan di sajikan dalam bentuk tabel dan grafik distribusi kumulatif untuk *gap*/lag yang diterima dan yang ditolak (Ashalatha & Chandra, 2011). Analisis yang digunakan untuk desain letak *detector junction metering* menggunakan analisis jarak pandang henti dan algoritma simulasi *vissim vehicle actuated programming* (VisVap), letak *stop bar line* menggunakan peraturan yang berlaku.

Setelah *output* data *Vissim* kondisi eksisting dan desain ideal yang akan diterapkan sudah didapatkan. Maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis efektifitas penerapan *junction metering* dengan piranti lunak (*software* PTV. *Vissim*) *full version* pada persimpangan yang nantinya akan menghasilkan animasi 2D dan 3D sesuai dengan petunjuk dalam buku manual yang dikeluarkan oleh (PTV, 2017).

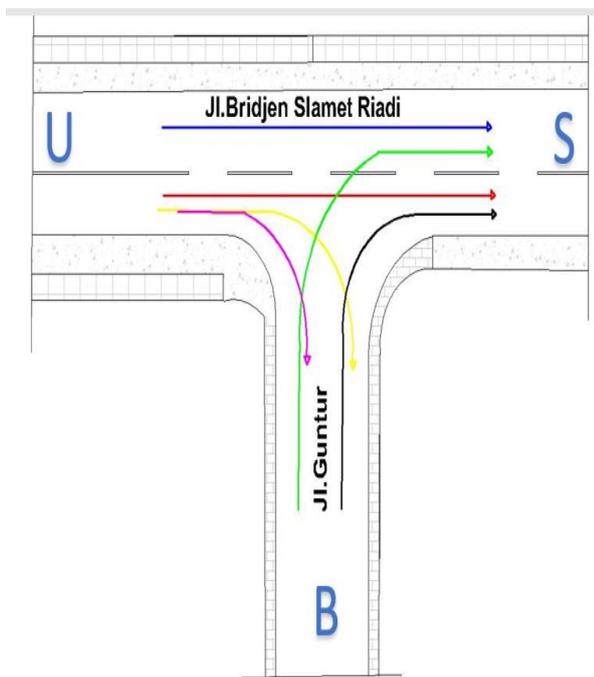
Hasil dan Pembahasan

Penelitian dilakukan pada simpang tiga tak bersinyal Pasar Oro-Oro Dowo Kota Malang yang memiliki tiga kaki simpang yaitu kaki simpang sebelah utara dan selatan merupakan Jalan Brigjen Slamet Riadi dan kaki simpang sebelah barat merupakan Jalan Guntur. Jalan Brigjen Slamet

Riadi merupakan jalan mayor atau utama dengan pergerakan lalu lintas satu arah dan Jalan Guntur merupakan jalan minor dengan pergerakan lalu lintas dua arah. Kendaraan di bagi menjadi MC (*motorcycle/sepeda motor*), LV (*light vehicle/ kendaraan ringan*), HV (*heavy vehicle/ kendaraan berat*) serta UM (*unmotorized/kendaraan tak bermotor*). Karakteristik simpang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Inventarisasi pendekatan simpang tiga

Nama pendekat	Status jalan	Tipe jalan	Lebar (meter)
Utara	Kota	2/2 UD	6,9
Selatan	Kota	2/2 UD	6,9
Barat	Kota	2/2 UD	7,2



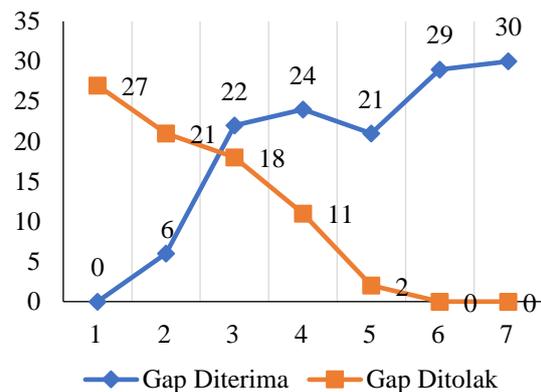
	U-S ➔	U-B ↶	B-S ↷
MC	3023	196	1053
LV	712	37	508
HV	18	0	3
UM	1	1	4
Total	3.754	234	1.568

Gambar 2. Sistem sirkulasi dan volume lalu lintas

Sesuai dengan Gambar 2, hasil analisis perhitungan volume lalu lintas, diketahui bahwa volume jam puncak atau *peak hour* adalah pukul 06:45-07:45 dengan total kendaraan 5.556 kendaraan dan didominasi oleh kendaraan sepeda motor. Pergerakan lalu lintas pada simpang ini berupa lurus dan belok kanan pada jalan Brigjen Slamet Riadi

dengan rasio kendaraan 16:1 dan pada jalan Guntur hanya diperbolehkan belok kanan. Pergerakan kendaraan pada kaki simpang ini tidak beraturan karena tidak terdapat marka pembagi lajur pada kaki simpang barat. Maka ketika kendaraan memasuki kaki simpang maka mayoritas menggunakan lajur lawan dan mengakibatkan terjadinya konflik *crossing* dan *merging*, hal ini sejalan dengan penelitian dari (Pratama & Elkhasnet, 2019).

Dari hasil perhitungan *Gap* didapatkan bahwa pada simpang tiga tak bersinyal Pasar Oro-Oro Dowo memiliki *gap* kritis sebesar 3,5 detik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Gap diterima dan ditolak

Tabel 2. Kalibrasi parameter *driving behaviour*

Parameter yang diubah	Nilai	
	Sebelum	Sesudah
<i>Car Following Model</i>		
1. <i>Average standstill distance</i>	2	0,6
2. <i>additive part of safety distance</i>	2	0,6
3. <i>Multiplicativepart of safety distance</i>	3	1
<i>Lateral behavior</i>		
4. <i>Desired position at free flow</i>	<i>Middle of lane</i>	<i>any</i>
5. <i>Overtake on same lane: on left & on right</i>	<i>off</i>	<i>on</i>
6. <i>Distance standing (at 0 km/h) (m)</i>	1	0,2
7. <i>Distance driving (at 50 km/h) (m)</i>	1	0,4

Untuk mendapatkan model perilaku pengemudi, maka perlu dilakukan kalibrasi dengan metode trial and error hingga mencapai hasil yang mendekati kondisi lapangan agar dapat diterima ketika melakukan uji GEH dan MAPE (Park & Bhavsar, 2019). Nilai parameter perilaku pengemudi diubah sesuai dengan kondisi di lapangan. Sesuai Tabel 2,

parameter *Average standstill distance* nilai sebelum di kalibrasi adalah dua dan sesudah dikalibrasi menjadi 0,6. Nilai ini diperoleh melalui pengamatan dilapangan, begitu pula dengan parameter yang lainnya.

Kalibrasi model *Vissim* yang didasarkan pada volume lalu lintas menurut Shi, You, Feng, & Yang (2019) model dikatakan valid apabila nilai GEH < 5,0 seperti ditunjukkan pada Tabel 3. *Mean absolute percentage* (MAPE) merupakan pengukuran kesalahan yang menghitung ukuran persentase penyimpangan antara data aktual dengan data simulasi.

Kemampuan peramalan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10% dan mempunyai kemampuan peramalan yang baik jika nilai MAPE kurang dari 20% dan kategori hasil uji MAPE berada pada rentang ini seperti ditunjukkan pada Tabel 4, hal ini telah sejalan dengan penelitian dari (Irawan & Putri, 2015).

Pada kaki simpang arah lurus dan belok kanan memiliki tingkat pelayanan simpang A. Sedangkan pada kaki simpang barat arah belok kanan memiliki tingkat pelayanan D artinya kondisi tundaan mencapai dengan kondisi di lapangan berdasarkan hasil analisis yaitu 28,65 detik perkendaraan yang membuat pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam menjalankan kendaraan.

Antrian terpanjang yaitu 32,10 meter karena tidak terdapat pengaturan berupa kontrol pada kaki

simpang dengan kesadaran pengguna jalan yang rendah untuk memberikan kesempatan kepada pengguna jalan minor untuk memasuki kaki simpang mayor. Hasil *output* analisis menggunakan *Vissim* kinerja simpang eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.

Selanjutnya adalah analisa letak *detector*. *Detector* ini akan memberikan informasi adanya kendaraan kepada alat *junction metering* yang berada di kaki simpang barat (Jalan Guntur) agar informasi tersebut sampai kepada pengguna jalan melalui warna lampu. Peletakan *detector* menggunakan perhitungan yang sama dengan median.

Detector dipasang pada awal kaki simpang utara sepanjang 47,2 meter dan dari awal kaki simpang utara menuju tengah simpang sepanjang 7,8 meter, jadi total panjang *detector* adalah 55 meter. Dalam pembuatan *detector* pada *Vissim* menggunakan logika program VisVap sebagai pendefinisi cara kerja *detector* dalam bentuk diagram alur (Fabianova *et al.*, 2020).

Sesuai hasil simulasi *junction metering* pada Tabel 6, khusus belok kanan tingkat pelayanan rata-rata simpang adalah A dengan waktu tundaan untuk arah lurus 8,46 detik dan panjang antrian 3,09 meter. Tingkat pelayanan A artinya dengan alternatif penanganan ini mengakibatkan kepadatan menjadi sangat rendah dan pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkan tanpa atau dengan sedikit tundaan.

Tabel 3. Hasil uji GEH *vissim*

Kaki simpang	Arah lalu lintas	Volume kendaraan		GEH	
		Observasi	<i>Vissim</i>	Hasil	Keterangan
Brigjen Slamet Riadi	Lurus	3754	3984	3,70	Terima
	Belok Kanan	234	207	1,81	Terima
Guntur	Belok Kanan	1568	1512	1,44	Terima

Tabel 4. Hasil uji MAPE

Kaki Simpang	Arah lalu lintas	Volume kendaraan		Uji MAPE (%)	Keterangan
		Observasi	<i>Vissim</i>		
Brigjen Slamet Riadi	Lurus	3754	3984	6,13	Sangat Baik
	Belok Kanan	234	207	11,49	Baik
Guntur	Belok Kanan	1568	1512	3,60	Sangat Baik

Tabel 5. *Output* kinerja simpang kondisi ekstisting menggunakan *vissim*

Kaki Simpang	Arah lalin	Panjang Antrian (meter)	Waktu Tundaan (detik)	LOS
Brigjen Slamet Riadi	Lurus	3,38	2,92	A
	Belok kanan	2,30	8,74	A
Guntur	Belok kanan	32,10	28,65	D
Simpang 3 Pasar Oro-Oro Dowo		12,59	10,21	B

Tabel 6. Output simulasi junction metering

Kaki Simpang	Arah lalin	Panjang Antrian (meter)	Waktu Tundaan (detik)	LOS
Brigjen Slamet Riadi	Lurus	1,12	6,35	A
	Belok Kanan	0,00	0,26	A
Guntur	Belok Kanan	11,23	15,00	B
Simpang 3 Pasar Oro-Oro Dowo		3,09	8,46	A

Tabel 7. Perbandingan panjang antrian

Kaki Simpang	Arah lalin	Panjang antrian (m)		Persentase
		Eksisting	Junction Metering	
Brigjen Slamet Riadi	Lurus	3,38	1,12	67%
	Belok Kanan	2,30	0,00	100%
Guntur	Belok Kanan	32,10	11,23	65%
Simpang Tiga Pasar Oro-Oro Dowo		12,59	3,09	75%

Tabel 8. Perbandingan waktu tundaan

Kaki Simpang	Arah lalin	Waktu tundaan (detik)		Persentase
		Eksisting	Junction Metering	
Brigjen Slamet Riadi	Lurus	2,92	6,35	-117%
	Belok Kanan	8,74	0,26	97%
Guntur	Belok Kanan	28,65	15,00	48%
Simpang 3 Pasar Oro-Oro Dowo		10,21	8,46	17%

Tabel 9. Perbandingan tingkat pelayanan simpang

Kaki Simpang	Arah pergerakan lalin	LOS	
		Kondisi eksisting	Junction metering
Jl Brigjen Slamet Riadi	Lurus	A	A
	Belok kanan	A	A
Jl Guntur	Belok kanan	D	B
Simpang 3 Pasar Oro-Oro Dowo		B	A

Pada kondisi ini, pendekat utara yaitu Jalan Brigjen Slamet Riadi pada arah belok kanan maupun lurus memiliki tingkat pelayanan A dengan waktu tundaan di bawah 10 dan panjang antrian di bawah 2 meter. Hal ini terjadi karena tingkat volume belok kanan Jalan Brigjen Slamet Riadi dan Jalan Guntur memiliki perbandingan 1:7, maka waktu tundaan pada Jalan Guntur yang diatur oleh *signal control* tidak begitu lama dan mampu mengurangi waktu tundaan dan panjang antrian, waktu hijau disesuaikan dengan pergerakan kendaraan pada *detector*.

Tabel 7 menunjukkan panjang antrian pada tiap kaki simpang, simpang utara arah belok kanan tidak terjadi antrian karena telah dilakukan pemisahan arus pada 55 meter sebelum kaki simpang, pada kondisi eksisting salah satu penyebab terjadinya antrian pada kaki simpang arah belok kanan adalah bercampurnya pergerakan kendaraan baik yang lurus maupun yang akan belok kanan.

Pada kaki simpang utara arah lurus, setelah dilakukan simulasi penanganan ini terjadi penurunan panjang antrian sebesar 67% karena dengan pemisah arah membuat pergerakan homogen berdasarkan arah pergerakan lalu lintas yang. Kaki simpang barat pada kondisi eksisting harus memprioritaskan kendaraan pada jalan mayor yang membuat pada kondisi eksisting panjang antrian menjadi 32,10 meter, setelah dilakukan simulasi penerapan *junction metering* mengalami penurunan panjang antrian menjadi 11,23 meter dengan persentase keberhasilan penurunan yaitu sebesar 65%.

Persentase penurunan waktu tundaan simpang tiga Pasar Oro-Oro Dowo adalah 17%. Kondisi eksisting waktu tundaan rata-rata adalah 10,21 detik setelah dilakukan simulasi *junction metering* mengalami penurunan waktu tundaan menjadi 8,46 detik. Keberhasilan penurunan terbesar terjadi pada Jalan Bridgen Slamet Riadi arah belok kanan

dengan persentase penurunan waktu tundaan yaitu sebesar 97%.

Hal ini terjadi karena telah dilakukan pemisahan arah lurus dan belok kanan agar arah lalu lintas menjadi lebih terarah dan mampu mengurangi gangguan ketika akan belok kanan. Pada arah belok kanan jalan Guntur mengalami penurunan waktu tundaan 48%, pada kondisi eksisting waktu tundaannya adalah 8,74 detik sedangkan ketika penerapan simulasi ini menjadi 15 detik.

Keberhasilan penurunan ini terjadi karena setelah dilaksanakan pemisahan arah menyebabkan perbandingan volume kendaraan pada belok kanan Jalan Brigjen Slamet Riadi dan Guntur adalah 1:7, *detector* pada arah belok kanan jalan Brigjen Slamet Riadi mampu memberikan informasi kepada pengontrol pada jalan Guntur dengan waktu siklus disesuaikan dengan pergerakan kendaraan pada Jalan Brigjen Slamet Riadi. Maka ketika tidak ada kendaraan yang melewati *detector* pengontrol simpang menjadi hijau dan waktu siklus berkurang menjadi 15 detik.

Pada Jalan Brigjen Slamet Riadi arah lurus terjadi penambahan waktu tundaan, pada kondisi eksisting waktu tundaan terjadi selama 2,92 detik setelah dilakukan penanganan menjadi 6,35 detik. Penambahan waktu tundaan pada arah lurus disebabkan volume kendaraan saat *peak hour* arah lurus adalah 3.753 kendaraan per/jam dengan lebar lajur kiri setelah diterapkan median yaitu 3,25 meter menyebabkan pergerakan kendaraan sedikit berkurang. Tetapi penurunan ini dikatakan masih sangat wajar dengan pembuktian pada Tabel 8.

Sesuai Tabel 9 menunjukkan data rata-rata LOS kaki simpang Pasar Oro-Oro Dowo mengalami perubahan yaitu dari B menjadi A. Pada kaki simpang jalan Slamet Riadi tidak terjadi perubahan LOS yaitu A. Sedangkan pada kaki simpang Jalan Guntur mengalami perubahan yang cukup baik dengan LOS pada kondisi eksisting yaitu D dan pada penanganan menjadi LOS B.

Desain dan simulasi *junction metering* jika dibandingkan dengan variabel waktu tundaan, panjang antrian dan LOS pada kondisi eksisting dinyatakan efektif karena hasil analisis mikrosimulasi menggunakan *software* PTV. *Vissim full version* menyatakan bahwa telah terjadi penurunan pada ketiga variabel perbandingan yang sudah dijelaskan pada poin-poin diatas.

Tingkat efektifitas tersebut terbukti pada persentase penurunan panjang antrian rata-rata pada persimpangan yaitu 75% dan waktu tundaan yaitu 17% dengan LOS rata-rata persimpangan pada

penerapan *junction metering* yaitu LOS A dengan panjang antrian 3,09 meter dan waktu tundaan 8,46 detik. Hal ini telah membuktikan bahwa penggunaan alat *junction metering* di simpang tiga tak bersinyal Pasar Oro-Oro Dowo di Kota Malang efektif, karena dapat menaikkan tingkat pelayanan di simpang tersebut.

Kesimpulan

Pemasangan alat *junction metering* dapat meningkatkan kinerja simpang tak bersinyal Pasar Oro-Oro Dowo. Tingkat pelayanan rata-rata simpang A dengan penurunan waktu tundaan 17% yaitu 8,46 detik dan panjang antrian mengalami penurunan menjadi 75% yaitu 3,09 meter serta dengan LOS paling rendah adalah B. Penelitian ini dapat menjadi referensi sebagai pengaturan simpang menggunakan sensor dan kontrol. sensor berupa *detector* yang peletaknya diperhitungkan menggunakan jarak pandang henti dan kontrol sebagai pengatur pergerakan kendaraan untuk meningkatkan keselamatan pada persimpangan. Perlu adanya penelitian lanjutan terkait penerapan *junction metering* berupa pembuatan *prototype* yang akan diterapkan secara langsung dilapangan guna melihat langsung dampak penerapannya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan dan kepada Kepala Dinas Perhubungan Kota Malang beserta jajarannya yang telah membantu dan mendukung penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat untuk mewujudkan transportasi yang selamat, aman dan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Amal, A. S. (2019). Analisis kinerja simpang empat bersinyal (persimpangan Jalan Raya Mojoagung – Jalan Raya Sumobito – Jalan Raya Mojowarno) Performance analysis of four-signal intersections (Intersection of Mojoagung Road - Sumobito Road - Mojowarno Road). *Media Teknik Sipil*, 17(2), 23–28.
- Ashalatha, R., & Chandra, S. (2011). Critical gap through clearing behavior of drivers at unsignalised intersections. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 15(8), 1427–1434.
<https://doi.org/10.1007/s12205-011-1392-5>
- Austroroads. (2020). Transport Control Systems-Strategies and Operations. In *Austroroads Publications*, 7(2).
- Department of Transportation (DOT). (2009).

Traffic signs manual chapter 8 part 1 road works and temporary situations: designs.

Ertugay, K. (2019). A simulation-based accessibility modeling approach to evaluate performance of transportation networks by using directness concept and GIS. *International Journal of Architecture & Planning*, 7(2), 460–486. <https://doi.org/10.15320/ICONARP.2019.93-E-ISSN>

Fabianova, J., Michalik, P., Janekova, J., & Fabian, M. (2020). Design and evaluation of a new intersection model to minimize congestions using VISSIM software. *De Gruyter*, 10(1), 48–56.

Garber, N. J., & Hoel, L. a. (2009). Traffic and highway engineering. In *Usa*.

Irawan, M. Z., & Putri, N. H. (2015). Kalibrasi *vissim* untuk mikrosimulasi arus lalu lintas tercampur pada simpang bersinyal (studi kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta). *Jurnal Penelitian Transportasi Multimoda*, 13(3), 97–106.

Kin, B., Ambra, T., Verlinde, S., & Macharis, C. (2018). Tackling fragmented last mile deliveries to nanostores by utilizing spare transportation capacity a simulation study. *Sustainability*, 10(653), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su10030653>

Kuncoro, H. B. B., Intari, D. E., & Rahmayanti, R. (2019). Analisis kinerja simpang tiga tak bersinyal (Studi Kasus : Simpang Tiga Jalan Raya Serang Km 24 – Jalan Akses Tol Balaraja Barat, Balaraja, Kabupaten Tangerang, Banten). *Jurnal Fondasi*, 8(1), 61–69. <https://doi.org/10.36055/jft.v8i1.5402>

Listiana, N., & Sudiby, T. (2019). Analisis kinerja simpang tak bersinyal Jalan Raya Dramaga-Bubulak Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 4(1), 69–78. <https://doi.org/10.29244/jstil.4.1.69-78>

Liu, C., & Wang, Z. (2013). Ramp metering influence on freeway operational safety near on-ramp exits. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 2(2), 87–94. <https://doi.org/10.1260/2046-0430.2.2.87>

Park, S., & Bhavsar, P. (2019). Simulation-based framework for estimating crash modification factors (CMFs): A case study for ITS Countermeasures. *Journal of Advanced Transportation*, 23(2), 1–13.

Pratama, M. D. M., & Elkhasnet, E. (2019). Analisis kinerja simpang tak bersinyal jalan a.h. nasution dan Jalan Cikadut, Kota Bandung. (Hal. 116-123). *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 5(2), 116. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i2.115>

PTV. (2017). *PTV VISSIM 10 User Manual*. 265–297.

R.J.Salter. (2013). Traffic engineering Worked Examples, Second Edition. In *JUniversity of Bradford* (Vol. 53, Issue 9).

Sanggawuri, R., & Handajani, M. (2019). Penerapan manajemen resiko pada pembangunan proyek perpanjangan dermaga log (Studi Kasus : pelabuhan dalam Tanjung Emas Semarang). *Jurnal MKTS: Media Komunikasi Teknik Sipil*, 25(2), 209–220.

Shi, H., You, Z., Feng, Z., & Yang, Y. (2019). Numerical simulation and spatial distribution of transportation accessibility in the regions involved in the belt and road initiative. *Sustainability*, 11(6187), 1–14.

Shmal, V., Prokofieva, E., & Aysina, L. (2018). Determining the available throughput capacity of the railways using simulation for intelligent management of the transportation process. *MATEC Web of Conferences*, 2(239), 1–7.

Suriwati, L. M., Osawa, T., & Mahendra, M. S. (2004). Study of total suspended matter transportation and circulation in jakarta bay using numerical simulation and satellite data. *Ecotrophic*, 5(1), 51–56.

Wicaksono, Y. I., Indriastuti, A. K., & Riyanto, B. (2017). Perubahan pola pergerakan pada Simpang Kalibanteng akibat penerapan manajemen dua arah pada flyover. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23(1), 48. <https://doi.org/10.14710/mkts.v23i1.14695>