



Pengaruh Penggunaan Countdown Timer Terhadap Kinerja Beberapa Simpang Bersinyal di Kota Malang¹

The Effect of Using a Countdown Timer on the Signalized Intersections Performance in Malang City

Tatang Maulana Maliq^a, Harnen Sulistio^b, Ludfi Djakfar^b, Sonya Sulistyono^{c,2}

^b Program Studi S2 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jl. M.T. Haryono 167 Malang

^a Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jl. M.T. Haryono 167 Malang

^c Program Studi S3 Ilmu Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jl. M.T. Haryono 167 Malang

ABSTRAK

Tingginya pertumbuhan jumlah penduduk di Kota Malang akan memicu peningkatan aktifitas penduduk sehingga berdampak pada meningkatnya lalu lintas. Peningkatan tuntutan lalu lintas akan menambah masalah kemacetan lalu lintas pada ruas jalan dan simpang. Salah satu cara rekayasa lalu lintas untuk meningkatkan kinerja simpang bersinyal adalah melengkapi sinyal lalu lintas dengan countdown timer. Instrumen tambahan ini berfungsi menginformasikan durasi waktu pengaturan sinyal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan countdown timer terhadap arus jenuh, kinerja dan faktor keselamatan simpang bersinyal di Kota Malang. Metode statistik paired sample t-teste digunakan untuk melihat pengaruh countdown timer terhadap arus jenuh, dan dampak pada kinerja serta keselamatan lengan simpang. Penggunaan countdown timer mampu meningkatkan nilai arus jenuh, sehingga kapasitas lengan simpang juga mengalami peningkatan 5-22% dengan penurunan waktu tundaan 5-13 detik/smp. Tetapi kurang berdampak positif terhadap faktor keselamatan simpang, karena terjadi peningkatan pergerakan kendaraan sebelum waktu hijau..

Kata kunci: countdown timer, arus jenuh, waktu hijau, lengan simpang

ABSTRACT

The high growth of the population in Malang will trigger an increase in the activity of its, resulting in increased traffic. Increased traffic demands will add to traffic congestion problems on roads and intersections. One way of traffic engineering to improve signaled intersection performance is to equip traffic signals with countdown timers. This additional instrument serves to inform the duration of the signal setup time. This study aims to determine the effect of countdown timer use on saturation flow, performance and safety factor signalized intersection in Malang. The paired sample t-teste statistical method is used to see the influence of the countdown timer on saturation flow, and the impact on the performance and safety of the intersection arm. The use of countdown timer can increase the value of saturation flow, so the capacity of the intersection also increased 5-22% with decreasing delay time 5-13 sec/smp. But the less positive impact on the safety factor intersection, because there is an increase in the movement of vehicles before the green time.

Keywords: countdown timer, saturation flow, green time, intersection leg

¹ Info Artikel: Received 30 Desember 2017, Received in revised form 10 Januari 2018, Accepted 26 September 2018

² tatangmaulanamaliq@gmail.com (T.M. Maliq), harnen@ub.ac.id (H. Sulistio), ldjakfar@ub.ac.id (L. Djakfar), sonya.sulistyono@unej.ac.id (S. Sulistyono)

PENDAHULUAN

Kota Malang sebagai kota pendidikan, wisata, perdagangan dan industri mengalami perkembangan dan penambahan jumlah penduduk yang tinggi, yang akan memicu peningkatan aktifitas penduduk itu sendiri. Aktifitas penduduk perkotaan terjadi akibat adanya kawasan bangkitan dan tarikan perjalanan yang meningkatkan tuntutan lalu lintas (traffic demand). Didalam jaringan transportasi, persimpangan merupakan titik rawan akan terjadinya kemacetan lalu lintas oleh adanya konflik-konflik pergerakan arus, sehingga perlu dilakukan berbagai upaya untuk memaksimalkan kapasitas dan kinerjanya dengan tetap memperhatikan keselamatan para pengendara.

Arus jenuh adalah jumlah maksimum kendaraan yang bisa diberangkatkan dari antrian melewati mulut simpang per-satuan waktu hijau, digunakan untuk menentukan lama waktu hijau pada simpang bersinyal. Besaran arus jenuh berbeda pada setiap simpang bersinyal. Hal ini bergantung terhadap karakteristik simpang dan komposisi arus lalu lintas yang melewatinya. Karakter sebuah simpang dan komposisi arus lalu lintas mempengaruhi laju pergerakan kendaraan untuk melewati sebuah persimpangan. Setiap jenis kendaraan memiliki radius putar, laju percepatan dan pengereman sesuai dengan dimensi dan daya angkutnya, sehingga membutuhkan waktu yang berbeda untuk bergerak melewati sebuah persimpangan atau memutuskan berhenti ketika sinyal menunjukkan warna merah.

Salah satu bentuk rekayasa lalu lintas untuk meningkatkan kinerja simpang bersinyal adalah melengkapi sinyal lalu lintas dengan *countdown timer*. Instrumen tambahan ini berfungsi menginformasikan durasi waktu pengaturan sinyal. Asumsi dasarnya adalah pengendara mengetahui waktu yang tersisa sebelum perubahan waktu sinyal kuning ke merah atau merah ke hijau, sehingga dapat membuat keputusan yang lebih baik dan pada waktu yang tepat untuk berhenti atau bergerak memasuki persimpangan.

Kota Malang memiliki simpang bersinyal yang terletak pada jalan-jalan dengan hierarki yang berbeda, sehingga berbeda pula karakteristik arus lalu lintasnya. Selain perbedaan karakteristik arus lalu lintas, juga memiliki karakteristik simpang yang berbeda karena dipengaruhi oleh topografi dan tata guna lahannya. Sehingga pengaruh penggunaan *countdown timer* terhadap kinerja simpang dengan berbagai karakteristik arus lalu lintas dan karakteristik simpang perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *countdown timer* terhadap arus jenuh, kinerja simpang dan faktor keselamatan simpang bersinyal di Kota Malang.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan pada beberapa lengan simpang di wilayah Kota Malang yang menggunakan alat pengatur tambahan *countdown timer*. Peta lokasi penelitian diperlihatkan seperti pada Gambar 1.

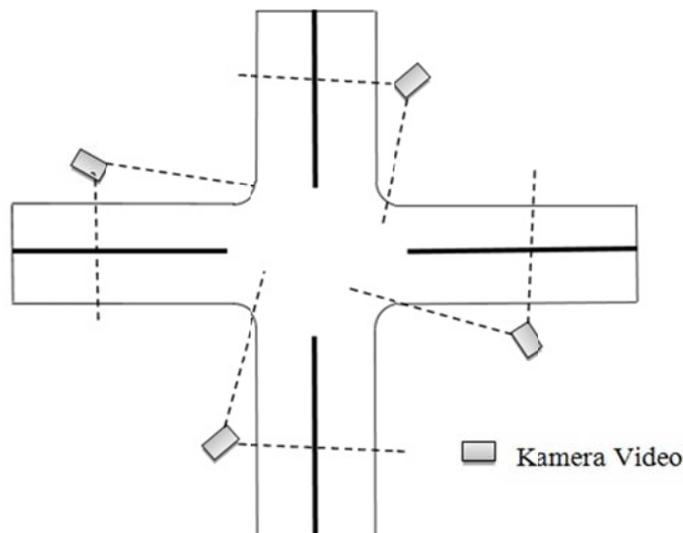
Tahap pengumpulan data

Untuk memperoleh data primer adalah dengan melakukan pengamatan/survei secara langsung dilapangan. Waktu pelaksanaan survei dalam penelitian ini dilaksanakan pada periode hari kerja, yaitu senin-kamis dan waktu Puncak pagi adalah pukul 06.00-09.00 WIB dan puncak siang 13.00-15.00 WIB.



Gambar 1 Lokasi penelitian

1. Survei Inventarisasi Simbang. Survei ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik jalan di lengan simpang terkait dengan melakukan pengukuran dan pengamatan pada geometrik simpang, marka jalan, pengaturan lampu lalu lintas
2. Survei Arus Jenuh. Dilakukan untuk merekam arus yang keluar dari lengan simpang dalam kondisi jenuh. Menggunakan *action camera* survei arus jenuh dilakukan pada setiap lengan simpang yaitu ketika kondisi countdown timer tidak aktif (OFF) dan diaktifkan (ON).



Gambar 2 Letak kamera

3. Pencacahan Arus Lalu Lintas. Pengisian formulir dengan mencatat jumlah kendaraan yang keluar dari kaki simpang pada saat lampu sedang hijau serta arus lalu lintas dalam kondisi jenuh (tetap ada antrian pada saat lampu berubah menjadi merah). Dengan interval waktu 6 detik. Formulir survei yang digunakan seperti pada Gambar 3 berikut.

SURVAI ARUS JENUH SIMPANG BERSINYAL

DALAM KENDARAAN

Simpang : Hari :
Kaki : Tanggal :
Kota : Surveyor :

INTERVAL PENGAMATAN (3 detik-an)	LIGHT VEHICLES (LV)					HEAVY VEHICLES (HV)				MOTORCYCLES (MC)		UNMOTORISED (UM)			CUACA 1. Cerah 2. Gemis 3. Mendung 4. Hujan
	Station/ Sedan	Pik Up	Motorist/ AU	Bus Sedang	Truk Kecil	Bus Betar	Truk 2 As	Truk 3 As	Gandeng/ Trailer	Roda 2	Roda 3	Sepeda	Becak	Andong/ Gerobak	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
00:00:00															
Akhir Mth/Krg															
0 - 3															
3 - 6															
6 - 9															
9 - 12															
12 - 15															
15 - 18															
18 - 21															
21 - 24															
24 - 27															
Krg/Awal Mth															

Gambar 3 Formulir survei arus jenuh

Tahap analisa data

Dari hasil pengumpulan data dilapangan, kemudian diolah menggunakan metode time slice untuk analisa keberangkatan arus saat kondisi jenuh dan uji statistik. Yaitu meliputi uji normalitas, outlier dan uji beda 2 variabel (paired sample t-test).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kompilasi data

Lebar efektif digunakan untuk perhitungan arus jenuh dan kapasitas simpang. Sehingga ukuran lebar efektif berpengaruh terhadap nilai arus jenuh dan kapasitas simpang.

Tabel 1 Lebar efektif dan komposisi arus lalu lintas lengan pendekat simpang

Simpang	Lengan Simpang	We (m)	Komposisi Arus Lalu Lintas (%)		
			MC	LV	HV
BCA	Jl. Kahuripan	7,1	71,36	28,07	0,57
	Jl. Semeru	7,4	59,69	39,46	0,85
Dieng	Jl. Galunggung	6,9	82,31	16,39	1,30
	Jl. Terusan Dieng	7,5	64,92	34,42	0,66
	Jl. Raya Langsep	8,0	78,13	21,02	0,85
Galunggung	Jl. Bondowoso	4,5	47,48	52,06	0,46
	Jl. Tidar	4,2	62,09	37,52	0,39
PLN	Jl. Slamet Riyadi	6,0	75,95	23,70	0,35
Rampal	Jl. Pattimura	11,2	74,02	25,34	0,64
	Jl. Urip Sumoharjo	7,0	65,04	34,35	0,61
L.A. Sucipto	Jl. LA. Sucipto (barat)	5,2	73,51	24,92	1,57
	Jl. LA. Sucipto (timur)	7,7	62,37	32,96	4,67

Fase adalah kesempatan bergerak kendaraan pada waktu hijau, merupakan salah satu parameter untuk menghitung kapasitas simpang. Pengaturan fase pada tiap-tiap lengan

simpang lokasi penelitian berbeda-beda, hal ini disebabkan oleh jumlah lengan dan volume arus pada tiap-tiap lengan simpang juga berbeda.

Tabel 2 Pengaturan fase

Lengan Simpang	Pengaturan Fase			
	H	K	M	S
Jl. Kahuripan	38	3	42	83
Jl. Semeru	38	3	42	83
Jl. Galunggung	15	3	90	108
Jl. Terusan Dieng	24	3	84	111
Jl. Raya Langsep	21	3	87	111
Jl. Bondowoso	26	3	79	108
Jl. Tidar	37	3	68	108
Jl. Slamet Riyadi	12	3	80	95
Jl. Pattimura	24	3	80	107
Jl. Urip Sumoharjo	26	3	82	111
Jl. LA. Sucipto (barat)	30	3	60	93
Jl. LA. Sucipto (timur)	21	3	69	93

Lebar lengan simpang (W_e), volume arus lalu lintas dan pengaturan fase merupakan komponen yang saling terkait dalam menentukan derajat kejenuhan pada lengan simpang. Nilai arus jenuh rata-rata pada setiap lengan simpang objek penelitian saat countdown timer kondisi OFF dan ON pada tabel 3.

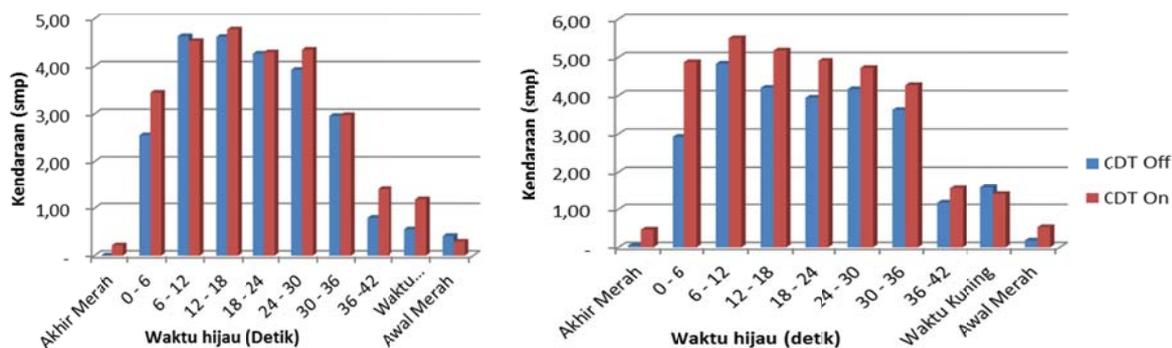
Tabel 3 Nilai arus jenuh

Lengan Simpang	CDT (smp/jam)	
	Off	On
Jl. Kahuripan	2186,77	2310,64
Jl. Semeru	2323,53	2845,97
Jl. Galunggung	3977,5	4285,5
Jl. Terusan Dieng	2567,66	2573,99
Jl. Raya Langsep	3476,62	3762,37
Jl. Bondowoso	1380,41	1617,67
Jl. Tidar	1585,8	1779,5
Jl. Slamet Riyadi	2494,68	2867,62
Jl. Pattimura	2780,33	2739
Jl. Urip Sumoharjo	2493,72	2632,03
Jl. LA. Sucipto (barat)	2146,63	2213,45
Jl. LA. Sucipto (timur)	2601,75	2739,75

Pengaruh countdown timer pada arus jenuh

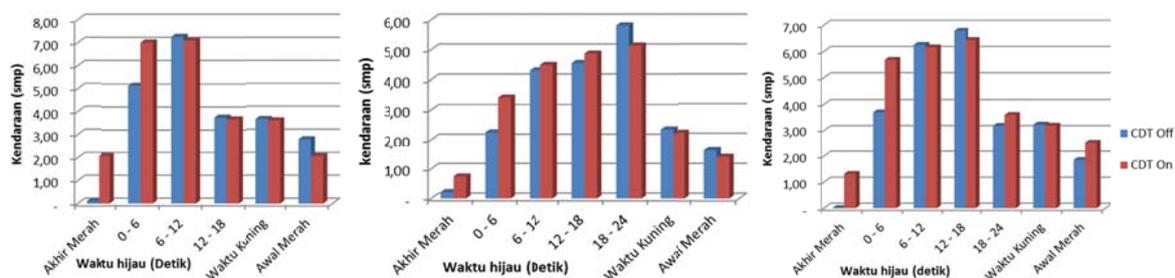
Keberangkatan arus kondisi jenuh

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan jumlah dan pola pergerakan kendaraan pada waktu hijau saat kondisi countdown timer (CDT) OFF dan ON. Keberangkatan arus untuk setiap lengan pendekat lokasi studi diperlihatkan seperti pada Gambar 4 hingga Gambar 9 berikut.



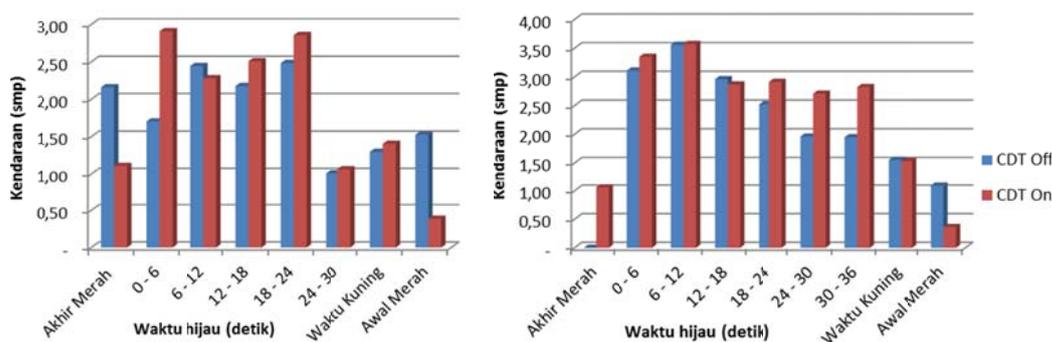
Gambar 4 Keberangkatan arus pada lengan simpang Jl. Kahuripan dan Jl. Semeru

Lengan simpang Kahuripan dan Semeru adalah lengan simpang pada simpang BCA. Puncak keberangkatan arus pada lengan simpang Kahuripan CDT OFF adalah 6-12 detik dan CDT ON adalah 12-18 detik. Pada lengan Semeru baik CDT OFF dan CDT ON terjadi pada periode 6-12 detik.



Gambar 5 Keberangkatan arus pada lengan simpang Jl. Galunggung, Jl. Terusan Dieng dan Jl. Raya Langsep

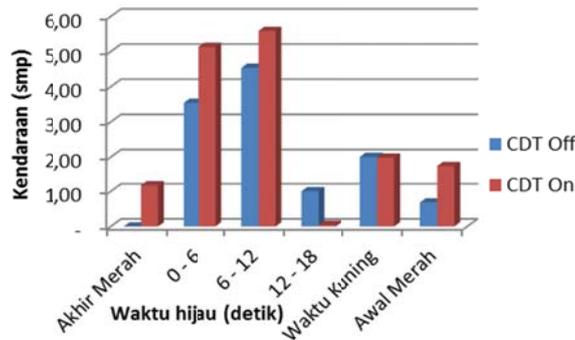
Puncak keberangkatan arus pada lengan simpang Galunggung CDT OFF dan ON pada periode 6-12 detik. Lengan simpang Terusan Dieng CDT OFF dan CDT ON pada periode 18-24 detik. Lengan simpang Raya Langsep CDT OFF dan CDT ON di periode 12-18 detik.



Gambar 6 Keberangkatan arus pada lengan simpang Jl. Bondowoso dan Jl. Tidar

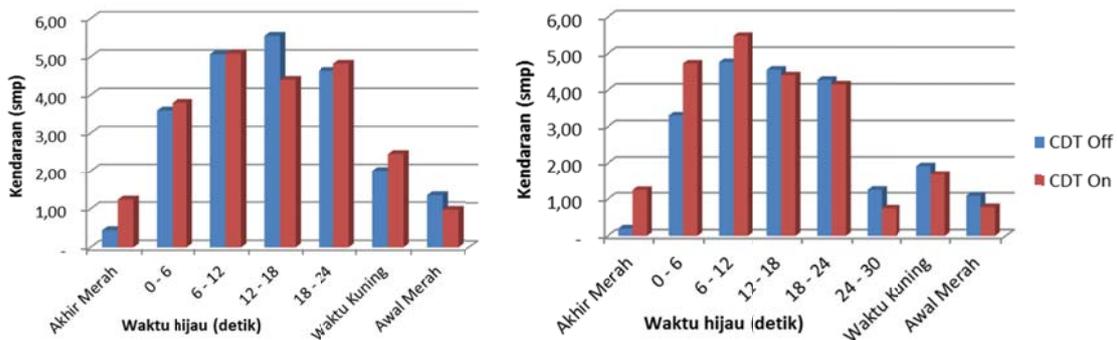
Pada lengan simpang Bondowoso pola keberangkatan arus dalam satu fase tampak tidak beraturan. Saat CDT OFF puncak keberangkatan arus pada periode 18-24 detik dan tingginya keberangkatan sebelum waktu hijau dibandingkan kondisi CDT ON. Puncak keberangkatan arus CDT ON adalah periode 0-6 detik. Pola keberangkatan arus tampak

lebih teratur pada lengan simpang Tidar, dengan puncak keberangkatan CDT OFF dan CDT ON pada periode 6-12 detik.



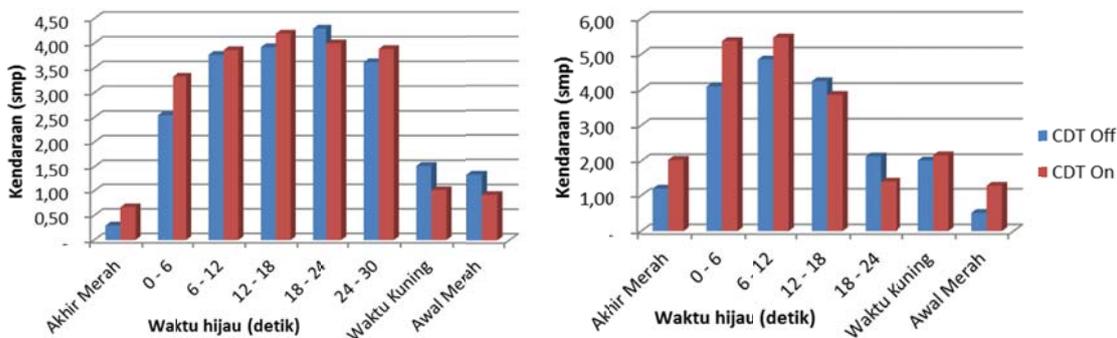
Gambar 7 Keberangkatan arus pada lengan simpang Jl. Slamet Riyadi

Lengan simpang Slamet Riyadi adalah salah satu lengan pada simpang tiga PLN. Menunjukkan peningkatan jumlah keberangkatan arus pada saat CDT ON sangat tinggi dibandingkan CDT OFF. Puncak arus CDT OFF dan CDT ON terjadi pada periode 6-12 detik. Peningkatan juga terjadi pada periode akhir merah dan awal merah saat CDT ON.



Gambar 8 Keberangkatan arus pada lengan simpang Jl. Patimura dan Jl. Urip Sumoharjo

Puncak keberangkatan arus CDT OFF pada lengan simpang Pattimura adalah periode 12-18 detik dan CDT ON pada periode lebih awal yaitu 6-12 detik. Lengan simpang Urip Sumoharjo CDT OFF dan CDT ON puncak arus pada periode 6-12 detik.



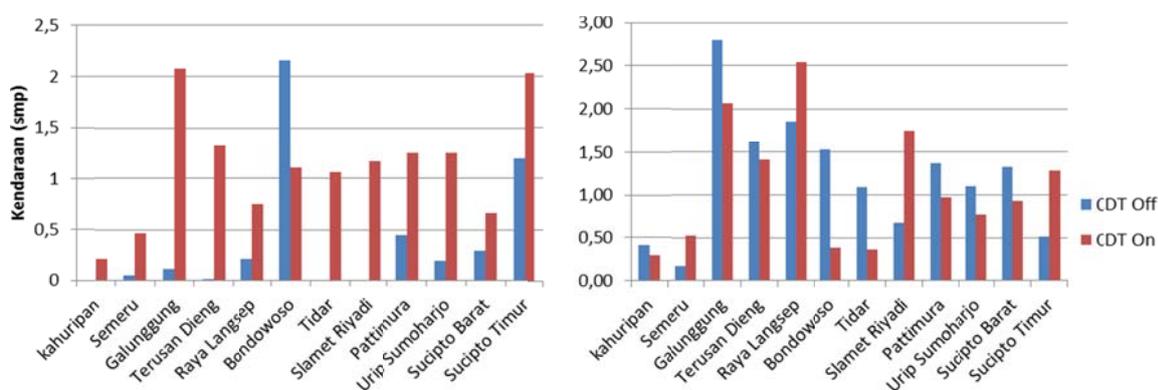
Gambar 9 Keberangkatan arus pada lengan simpang Jl. LA. Sucipto (B) dan Jl. LA Sucipto (T)

Lengan simpang Sucipto Barat puncak arus CDT OFF terjadi pada periode 18-24 detik dan CDT ON periode 12-18 detik. Lengan simpang Sucipto Timur CDT OFF dan ON arus

puncak pada periode 6-12. Peningkatan arus karena countdown timer terjadi pada periode akhir merah, 0-6 detik dan 6-12 detik.

Keberangkatan arus akhir merah dan setelah hijau

Pada beberapa lengan simpang pengemudi cenderung untuk melakukan pergerakan lebih awal sebelum sinyal menunjukkan warna hijau. Dan pergerakan ini menunjukkan peningkatan apabila ada informasi sisa waktu sinyal dari countdown timer. Sedangkan Pola pergerakan setelah akhir periode hijau atau awal merah menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang konsisten antara pergerakan kendaraan saat countdown timer tidak aktif maupun ketika countdown timer aktif pada semua lokasi objek penelitian (Gambar 10). Tetapi pengendara relatif memanfaatkan dengan baik informasi waktu sinyal yang tersisa dari countdown timer, sehingga mampu menekan arus keberangkatan pada saat awal waktu merah.



Gambar 10 Keberangkatan arus akhir merah dan setelah hijau

Uji beda arus jenuh

Data arus jenuh eksisting dengan kondisi countdown timer OFF dan ON kemudian dilakukan tes normalitas dan outlier untuk selanjutnya di uji perbandingan menggunakan metode paired sample t-test dengan tingkat signifikansi 95%. Hasil yang diperoleh adalah ada perbedaan signifikan pada lengan simpang Jl. Kahuripan, Jl. Semeru, Jl. Galunggung, Jl. Raya Langsep, Jl. Bondowoso, Jl. Tidar, Jl. Slamet Riyadi, dan Jl. L.A. Sucipto Timur.

Tabel 4 Arus jenuh dan kapasitas lengan simpang

Lengan simpang	Arus Jenuh				Kapasitas			
	CDT		Peningkatan		CDT		Peningkatan	
	Off	On	smp	(%)	Off	On	smp	(%)
Jl. Kahuripan	2186,77	2310,64	123,87	6	1080	1141	61,19	6
Jl. Semeru	2323,53	2845,97	522,44	22	1148	1406	258,07	22
Jl. Galunggung	3977,5	4285,5	308	8	663	714	51,33	8
Jl. Raya Langsep	3476,62	3762,37	285,75	8	752	813	61,78	8
Jl. Bondowoso	1380,41	1617,67	237,26	17	371	434	63,71	17
Jl. Tidar	1585,8	1779,5	193,7	12	587	659	71,74	12
Jl. Slamet Riyadi	2494,68	2867,62	372,94	15	394	453	58,89	15
Jl. L.A. Sucipto (timur)	2601,75	2739,75	138	5	671	707	35,61	5

Berdasarkan Tabel 4, terjadi peningkatan pada nilai arus jenuh ketika countdown timer aktif/ON. Nilai peningkatan setiap lengan simpang berbeda tergantung dari lebar lengan

simpang (We). Peningkatan terendah pada lengan Jl. L.A. Sucipto Timur dengan lebar lengan 7,7m dan peningkatan arus jenuh tertinggi pada lengan Jl. Semeru lebar lengan 7,4m.

Pengaruh countdown timer pada kapasitas lengan simpang

Arus jenuh adalah salah satu dasar untuk menentukan kapasitas lengan simpang. Peningkatan atau penurunan nilai arus jenuh maka juga akan berpengaruh terhadap nilai kapasitas suatu lengan simpang. Maka dilakukan analisa kapasitas lengan simpang menggunakan persamaan MKJI 1997, berdasarkan nilai arus jenuh yang telah diperoleh dari hasil analisa.

Berdasarkan Tabel 4, peningkatan kapasitas sama dengan nilai peningkatan arus jenuh, yaitu berkisar antara 5% - 22%. Persentase paling rendah adalah pada lengan simpang Jl. L.A. Sucipto Timur yaitu 5% dan tertinggi pada Jl. Semeru = 22%.

Pengaruh countdown timer pada tundaan lengan simpang

Perbedaan nilai tundaan digunakan untuk mengukur sejauh mana countdown timer mempengaruhi kinerja lengan simpang. Menggunakan model persamaan pada MKJI 1997 berdasarkan nilai peningkatan kapasitas, arus lalu lintas tertinggi tanpa countdown timer dari hasil survai dianalisa untuk mengetahui perbedaan waktu tundaan.

Tabel 5 Tundaan lengan simpang

Lengan simpang	Tundaan		Peningkatan	
	Off	On	det/smp	(%)
Jl. Kahuripan	21,48	7,91	13,56	63
Jl. Semeru	2,63	1,03	1,60	61
Jl. Galunggung	6,52	3,17	3,35	51
Jl. Raya Langsep	4,48	2,89	1,59	35
Jl. Bondowoso	30,06	22,79	7,28	24
Jl. Tidar	10,4	3,66	6,74	65
Jl. Slamet Riyadi	6,75	1,83	4,92	73
Jl. L.A. Sucipto (timur)	34,97	29,83	5,14	15

Hasil dari perhitungan menghasilkan berkurangnya nilai tundaan paling rendah yaitu pada lengan simpang Jl. L.A. Sucipto yaitu 15% dan tertinggi pada lengan simpang Jl. Slamet Riyadi yaitu 73%. Dengan rata-rata berkurangnya waktu tunda 5-13 detik.

PENUTUP

Kesimpulan

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa ada perbedaan nilai arus jenuh dan karakteristik keberangkatan arus karena pengaruh dari countdown timer.

1. Pengaruh countdown timer mempengaruhi besaran nilai arus jenuh. Nilai arus jenuh mengalami rata-rata peningkatan 5-22%.
2. Penggunaan countdown timer mampu meningkatkan kinerja lengan simpang berdasarkan peningkatan kapasitas lengan simpang yaitu 5-22% dan penurunan tundaan 5-13 detik/smp.

3. Penggunaan countdown timer berdampak negatif dan positif pada faktor keselamatan simpang. Hal ini disebabkan oleh terjadi peningkatan keberangkatan arus 3 detik sebelum waktu hijau yaitu rata-rata 0,76 smp atau kurang lebih sama dengan empat MC. Tetapi countdown timer bisa mengurangi keberangkatan arus lalu lintas setelah akhir waktu hijau

Saran

Saran dari hasil penelitian adalah:

1. Melakukan rekayasa lalu lintas dengan melakukan perubahan tampilan waktu sinyal pada countdown timer untuk mengurangi tingkat keberangkatan arus sebelum dan setelah sinyal hijau. Sehingga bisa meningkatkan faktor keselamatan pada simpang.
2. Melakukan penelitian lanjutan tentang countdown timer pada simpang yang memiliki komposisi arus kendaraan berat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ditjen Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Ditjen Bina Marga
- Chiou, Y.C. & Chang, C.H. 2010. Driver Responses to Green and Red Vehicular Signal Countdown Displays: Safety and Efficiency Aspects, *Accident Analysis and Prevention Journal*. 42 (2010): 1057–1065. Elsevier Publisher.
- Ibrahim, M.R., Kidwai, F.A., Karim, M.R. 2008. The effect of Digital Count-Down Display on Signalized Junction Performance, *American Journal of Applied Sciences* 5. (5): 479-482,2008. Science Publications.
- Juremalani, J.R. 2015. Capacity and Level of Service for Signalized Intersection Under Mix Traffic Conditions- A Global Scenario, *Journal of Mechanical and Civil Engineering*. Vol.1 (2015): Issue-6.Paper-8.
- Kockelman, K.M. 2000. Effect of Vehicle Type On The Capacity of Signalized Intersections: The Case of Light Duty Trucks, *Journal of Transportation Engineering*. 126 (6): 506-512,2000.
- Kumar, R.P. 2012. Estimation of Delay at Signalized Intersection for Mixed Traffic Condition of a Developing Country, *International Journal of Civil Engineering*. Vol.11, No. 1, Transaction A: Civil Engineering.
- Li, Z. & Zhang, J. 2014. Measurement and Comparative Analysis of Driver's Perception-Reaction Time To Green Phase At The Intersections With and Without A Countdown Timer, *Transportation Research Part F*. 22 (2014): 50–62. Elsevier Publisher.
- Morlok, E.K. 1978. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Erlangga
- Nguyen, H.D. 2016. Saturation Flow Rate Analysis at Signalized Intersections for Mixed Traffic Conditions in Motorcycle Dependent Cities, *Transportation Research Procedia*. Vol.15 (2016): 694-708. Elsevier Publisher.
- Papaioannou, P & Politis, I. 2014. Preliminary Impact Analysis of Countdown Signal Timer Installations At Two Intersections In Greece, *Procedia Engineering Journal*. 84 (2014): 634–647. Elsevier Publisher
- Siregar, S. 2012. *Statistik Parametrik Untuk Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: Bumi Aksara
- Wenbo, S. 2013. Exploring impact of Countdown Timers on Queue Discharge Characteristics of Through Movement at Signalized Intersections, *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 96 (2013): 255–264. Elsevier Publisher