

Evaluasi Pemasangan *Countdown Timer* Ditinjau dari Kinerja Simpang Bersinyal dan Pelanggaran Lalu Lintas (Studi Kasus: Simpang Proliman dan Simpang Kejaksanaan Kabupaten Sukoharjo)

Rohmanaji¹, Naomi Srie Kusumastutie², Rukman³, Pradana Paradita⁴

¹Manajemen Keselamatan Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan
email: rohmanaji@taruna.pktj.ac.id

Received: 24-03-2021 Revised: 26-06-2021 Accepted: 01-07-2021

Abstract

Proliman and Kejaksanaan Junction in Sukoharjo regency are signalized intersections equipped with a countdown timer. The installation of this tool aims to improve the level of service at the two intersections. This study intends to evaluate the performance of the countdown timer by comparing level of service and level of traffic violations when the countdown timer is turned on and off. Data related to intersection service levels was calculated using the formula in the Indonesian Road Capacity Manual (MKJI), while traffic violations were analyzed using Independent T Test. Based on the results of the analysis, it was known that there were differences in the level of service and traffic violations between two conditions. At both intersections, the delay was higher when the countdown timer was activated, with a difference of 2,9 seconds / vehicle for Proliman Junction and 1,4 seconds/vehicle for Kejaksanaan Junction. The level of service at Proliman Junction increased to C when the countdown timer was turned on, while at the level of service at Kejaksanaan Junction remains C for both conditions. The C level of service indicating that delay at the intersection is between 15 and 25 seconds. At both intersections, the rate of traffic violations was higher when the countdown timer was activated, with an increase of 34% for Proliman Junction and 19% for Kejaksanaan Junction. Based on the results of different tests, it was known that there was a significant difference in the number of traffic violations when the countdown timer was turned on and off, with a p-value of 0,001 for both locations (H0 was rejected).

Keywords: Signal intersection, Countdown timer, delay, Violation

Abstrak

Simpang Proliman dan Simpang Kejaksanaan di Kabupaten Sukoharjo merupakan simpang bersinyal yang dilengkapi alat penghitung waktu mundur atau *countdown timer*. Pemasangan alat ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja pada kedua simpang tersebut. Penelitian ini bermaksud untuk mengevaluasi kinerja *countdown timer* dengan membandingkan kinerja dan tingkat pelanggaran lalu lintas pada kondisi *countdown timer* dinyalakan dan dimatikan. Data terkait kinerja simpang dihitung menggunakan rumus pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), sedangkan pelanggaran lalu lintas dianalisis dengan uji Independent T Test. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa terdapat perbedaan kinerja simpang dan pelanggaran lalu lintas antara kondisi *countdown timer* dinyalakan dan dimatikan. Pada kedua simpang, tundaan lebih tinggi ketika *countdown timer* dinyalakan, yaitu dengan selisih 2,9 detik/kendaraan untuk Simpang Proliman dan 1,4 detik/kendaraan untuk Simpang Kejaksanaan. Tingkat pelayanan pada Simpang Proliman meningkat menjadi C pada saat *countdown timer* dinyalakan, sedangkan pada Simpang Kejaksanaan tingkat pelayanan tetap C untuk kedua kondisi. Simpang dengan tingkat pelayanan C menandakan bahwa tundaan pada simpang tersebut antara 15 sampai dengan 25 detik. Pada kedua simpang, tingkat pelanggaran lalu lintas lebih tinggi pada saat *countdown timer* dinyalakan, yaitu dengan peningkatan 34% untuk Simpang Proliman dan 19% untuk Simpang Kejaksanaan. Berdasarkan hasil uji beda, diketahui bahwa terdapat perbedaan yang signifikan jumlah pelanggaran lalu lintas pada saat *countdown timer* dinyalakan dan dimatikan, dengan nilai *p-value* sebesar 0,001 untuk kedua lokasi (H0 ditolak).

Kata kunci: simpang bersinyal, *countdown timer*, tundaan, pelanggaran

PENDAHULUAN

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sistem jaringan jalan.

Ketika pengguna jalan berkendara di ruas jalan di dalam kota, maka akan melewati suatu persimpangan dimana pengendara dapat memutuskan untuk jalan terus, berbelok

ataupun pindah jalan (Khisty, 2005) Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) di persimpangan banyak yang dilengkapi dengan alat digital penghitung waktu mundur lalu lintas (*countdown timer*). *Countdown timer* yang dipasang pada APILL ini merupakan salah satu bentuk pengembangan teknologi perlengkapan jalan yang menjamin ketertiban dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan sebagaimana disebutkan pada pasal 11 Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (Pemerintah Republik Indonesia, 2009)

Simpang Proliman dan Simpang Kejaksanaan di Kabupaten Sukoharjo merupakan simpang yang telah dilengkapi *countdown timer*. Simpang tersebut memiliki volume kendaraan yang cukup tinggi, disebabkan karakteristik simpang yang merupakan kawasan pendidikan, perkantoran, komersial, dan pemukiman. Hal ini ditandai dengan adanya penumpukan kendaraan yang memenuhi mulut persimpangan selama fase merah. Penumpukan kendaraan pada mulut persimpangan ini terkesan tidak beraturan dan tidak jarang melanggar aturan lalu lintas di persimpangan, seperti melampaui garis henti, menutup pergerakan lalu lintas belok kiri langsung, serta menghalangi pergerakan pejalan kaki.

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa penggunaan *countdown timer* dapat meningkatkan kinerja simpang. Pada studi di Kota Malang, penggunaan *countdown timer* dilaporkan dapat meningkatkan kapasitas simpang sebesar 5-22% dan mengurangi tundaan sebesar 5-13 detik (Maliq, Sulistio, Djakfar, & Sulistyono, 2018). Studi lain di Kota Tegal melaporkan bahwa penggunaan *countdown timer* dapat mengurangi rata-rata waktu kehilangan awal (*start up lost time*) sebesar 2,22 detik. Selain itu, studi di negara lain juga menunjukkan efektivitas *countdown timer* dalam meningkatkan kinerja simpang, seperti mengurangi waktu kehilangan awal (Limanond, Chookerd, & Roubtonglang, 2009) (Islam, Hurwitz, & Macuga, 2016; Limanond et al., 2009) ataupun menambah kapasitas simpang (Wenbo, Zhaocheng, Xi, & Feifei, 2013). Di samping itu penggunaan *countdown timer* dilaporkan dapat mengurangi emisi (Kim & Kim, 2020) dan meningkatkan kenyamanan pengguna jalan karena berkurangnya ketidakpastian waktu tunggu di simpang

(Limanond, Prabjabok, & Tippayawong, 2010).

Jika dilihat dari aspek keselamatan berlalu lintas, penggunaan *countdown timer* masih menyisakan pertanyaan. Beberapa studi menyebutkan bahwa penggunaan *countdown timer* dapat mengurangi pelanggaran terhadap lampu lalu lintas, seperti studi di Malaysia (Kulanthayan, Phang, & Hayati, 2007) ataupun di Thailand (Limanond et al., 2010). Studi di Yunani menunjukkan bahwa pengemudi cenderung lebih agresif dengan menerobos lampu merah pada simpang dengan *countdown timer* (Papaioannou & Politis, 2014). Indikasi adanya kecenderungan pelanggaran ini juga dapat juga dilihat dari munculnya percepatan arus kendaraan pada simpang dengan *countdown timer* (Pratina, Mahmudah, & Legowo, 2018; Yohana Panjaitan, Mahmudah, & Legowo, 2018)

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui kinerja simpang dan tingkat pelanggaran lalu lintas ketika *countdown timer* menyala dan *countdown timer* dimatikan di kedua lokasi penelitian. Kinerja simpang ditentukan berdasarkan kapasitas, derajat jenuh, tundaan, dan tingkat pelayanan. Kapasitas, derajat jenuh, dan tundaan akan dihitung berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Direktorat Jendral Bina Marga, 1997), sedangkan tingkat pelayanan akan ditentukan berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas (Kementerian Perhubungan, 2015).

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini adalah di Simpang Proliman dan Simpang Kejaksanaan Sukoharjo. Ruas jalan mayoritas berstatus jalan Provinsi dan merupakan salah satu akses jalan menuju Kabupaten Wonogiri dan Surakarta. Lokasi penelitian merupakan daerah pemukiman, sekolahan, pemerintahan, dan komersial, sehingga kondisi lalu lintas simpang tersebut padat pada jam-jam sibuk. Dengan demikian mengakibatkan volume lalu lintas meningkat dan sering menimbulkan pelanggaran lalu lintas. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Data primer pada penelitian ini berupa volume lalu lintas dan pelanggaran lalu lintas. Survei dilakukan secara bersamaan di kedua lokasi penelitian selama tiga hari, yaitu Minggu 8 Maret 2020, Senin 9 Maret 2020, dan Kamis 12 Maret 2020 untuk *countdown timer* menyala, serta Minggu 7 Juni 2020, Senin 1 Juni 2020, dan Kamis 4 Juni 2020 untuk *countdown timer* dimatikan. Survei dilakukan disesuaikan dengan jam sibuk, yaitu *peak* pagi (06.00-07.00), *peak* siang (11.00-12.00) dan *peak* sore (15.00-16.00). Penentuan jam sibuk diperoleh dari data sekunder lalu lintas harian rata-rata tahun 2019 dari Dinas Perhubungan Kabupaten Sukoharjo.

Pelanggaran lalu lintas yang diamati dalam penelitian ini adalah menerobos lampu merah dan melanggar marka solid melintang. Penghitungan pelanggaran menerobos lampu merah dilakukan ketika peralihan sinyal merah menuju ke sinyal hijau maupun sebaliknya. Penghitungan pelanggaran marka solid melintang dilakukan ketika sinyal merah yang mengakibatkan pengguna jalan berusaha mendekati mulut simpang agar berada diposisi terdepan sehingga banyak pengguna jalan yang melewati batas *stop line*/ marka solid.

Tingkat pelayanan dihitung menggunakan rumus Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Direktorat Jendral Bina Marga, 1997). Berikut adalah pengolahan untuk masing-masing data yang terkait dengan penentuan tingkat pelayanan simpang:

Kapasitas suatu simpang bersinyal (C) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$C = s \frac{g}{c}$$

Keterangan :

C = kapasitas (smp/jam)

s = arus jenuh, yaitu arus yang berangkat dari rata-rata dalam pendekat selama sinyal hijau (smp/jam hijau)

g = waktu hijau

c = waktu siklus

Arus jenuh (S) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S₀) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya.

$$S = S_0 \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_G \times F_P \times F_{Rt} \times F_{Lt}$$

Keterangan :

- S = arus jenuh
- S₀ = arus jenuh dasar
- F_{cs} = ukuran kota
- F_{sf} = hambatan samping
- F_G = kelandaian
- F_P = parkir
- F_{Rt}/F_{Lt} = gerakan membelok

Rasio kendaraan henti (NS) adalah rasio kendaraan yang harus berhenti akibat sinyal merah sebelum melewati simpang atau rasio dari arus lalu lintas yang terpaksa berhenti sebelum melewati garis henti akibat pengendalian sinyal.

$$NS = 0,9 \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

Keterangan :

- c = waktu siklus (detik)
- Q = arus lalu lintas (smp/jam)

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor kunci dalam penentu kinerja lalu lintas pada suatu simpang dan juga segmen jalan.

$$DS = \frac{Q}{C}$$

Keterangan :

- DS = derajat kejenuhan
- Q = arus lalu lintas
- C = kapasitas

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu simpang dibandingkan tanpa simpang. Tundaan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$DT_j = C \times \frac{0,5 \times (1 - Gr)^2}{1 - Gr \times Ds} + \frac{NQ_1 \times 3600}{c}$$

Keterangan :

DT_j = Tundaan Lalu lintas (TLL) untuk pendekatan j (det/smp)

C = Kapasitas (smp/jam)

c = Waktu siklus (detik)

Ds = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau (g/c) detik

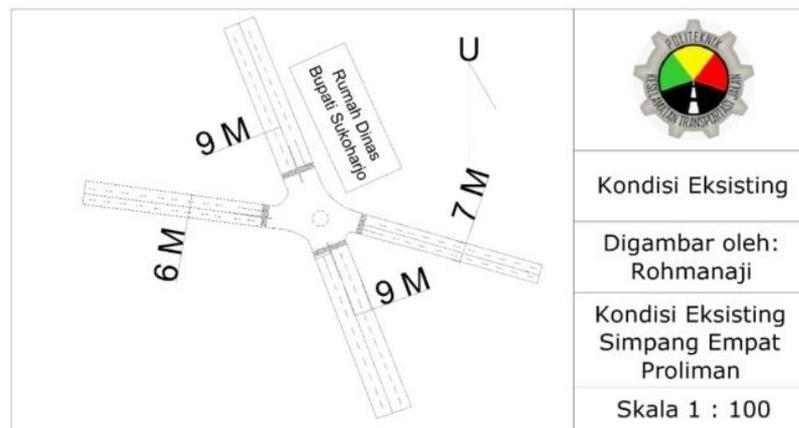
NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

Analisis deskriptif dilakukan terhadap jumlah pelanggaran lalu lintas yang diperbandingkan dengan volume lalu lintas. Kemudian untuk mengetahui perbedaan pelanggaran ketika *countdown timer* menyala dan dimatikan dilakukan uji beda dengan menggunakan aplikasi statistik *Jeffreys's Amazing Statistics Program* (JASP).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simpang Proliman memiliki empat kaki simpang, yang merupakan pertemuan antara jalan Jendral Sudirman di sebelah Utara, Jalan Slamet Riyadi di sebelah Selatan, Jalan Dokter Muwardi di sebelah Timur, dan Jalan Veteran di sebelah Barat. Simpang Proliman tersebut diatur dengan APILL dan dilengkapi dengan *countdown timer*. Tata guna lahan Simpang Proliman merupakan daerah pemerintahan, sekolah dan komersial. Di sini terdapat kantor sekretariat DPRD Sukoharjo, rumah dinas Bupati Sukoharjo dan sekolah pada dua kaki pendekatan. Karakteristik Simpang Proliman dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Simpang Kejaksanaan merupakan simpang yang terdiri dari tiga kaki simpang dengan satu lajur pada pendekatan minor dan dua lajur pada pendekatan mayor. Tata guna lahan pada simpang ini adalah kawasan pendidikan, perkantoran dan pemukiman, sehingga aktivitas lalu lintas pada simpang ini cukup padat. Karakteristik Simpang Kejaksanaan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Layout Simpang Proliman

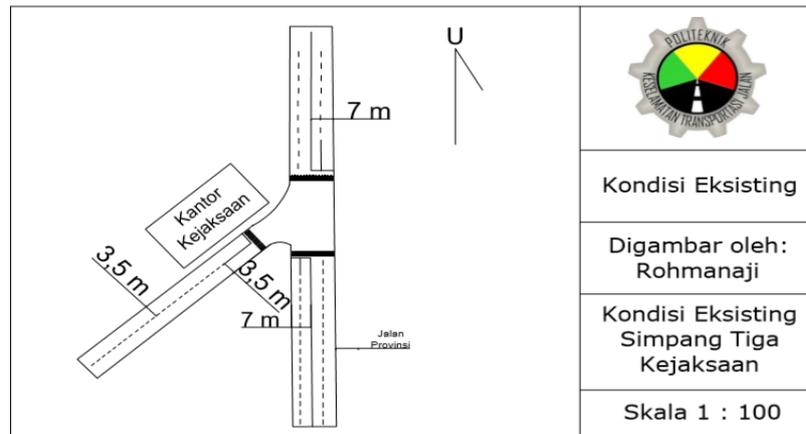
Tabel 1. Data inventarisasi dan waktu siklus Simpang Proliman

No	Kaki Simpang	Lebar Pendekat (meter)	Lebar Jalan (meter)	Waktu Siklus (detik)		
				Merah	Kuning	Hijau
1	Utara	9	18	45	3	72
2	Selatan	9	18	45	3	72
3	Timur	7	14	28	3	59
4	Barat	6	12	28	3	59

Tabel 2. Data inventarisasi dan waktu siklus Simpang Kejaksanaan

No	Kaki Simpang	Lebar Pendekat (meter)	Lebar Jalan (meter)	Waktu Siklus (detik)		
				Merah	Kuning	Hijau
1	Utara	7	14	40	3	47

No	Kaki Simpang	Lebar Pendekat (meter)	Lebar Jalan (meter)	Waktu Siklus (detik)		
				Merah	Kuning	Hijau
2	Selatan	7	14	40	3	47
3	Barat	3.5	7	20	3	37



Gambar 3. Layout Simpang Kejaksaan

Tabel 3 menunjukkan kinerja Simpang Proliman. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa kinerja simpang menunjukkan hasil yang lebih baik ketika *countdown timer* dimatikan, yaitu dengan perbedaan 2,9 detik. Demikian juga dengan tingkat pelayanan simpang. Ketika *countdown timer* menyala tingkat pelayanan adalah D, sedangkan ketika *countdown timer* dimatikan tingkat pelayanan adalah C. Simpang dengan tingkat pelayanan C adalah simpang yang memiliki tundaan lebih dari 25 sampai 40 detik/kendaraan, sedangkan tingkat pelayanan C adalah simpang yang memiliki tundaan lebih dari 25 sampai 40 detik/kendaraan (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2015).

Sebagaimana dengan Simpang Proliman, kinerja Simpang Kejaksaan juga lebih baik ketika *countdown timer* dimatikan, yaitu dengan perbedaan 1,4 detik. Untuk tingkat pelayanan simpang adalah sama untuk kedua kondisi, yaitu C. Dikarenakan tundaan lebih dari 15 sampai 25 detik/kendaraan. Kinerja Simpang Kejaksaan dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil pengolahan data volume lalu lintas dan pelanggaran diperoleh total volume pelanggaran sesuai hari pengamatan, diperoleh hasil selengkapnya di tampilkan dalam gambar 4.

Tabel 3. Kinerja Simpang Proliman

No	Parameter Lalu Lintas	Countdown timer menyala	Countdown timer dimatikan
1	Arus Jenuh S (smp/jam)	4286,98	4286,98
2	Arus Lalu Lintas Q (smp/jam)	609,3	609,3
3	Kapasitas C (smp/jam)	1607,6	1750,5
4	Derajat Jenuh (DS)	0,38	0,35
5	Tundaan D (detik)	26,9	24
6	Tingkat Pelayanan	D	C
Keterangan		Arus mendekati tidak stabil	Arus stabil

Tabel 4. Kinerja Simpang Kejaksaan

No	Parameter Lalu Lintas	Countdown timer menyala	Countdown timer dimatikan
1.	Arus Jenuh S (smp/jam)	3869,04	3869,04

2.	Arus Lalu Lintas Q (smp/jam)	719	719
3.	Kapasitas C (smp/jam)	1719,6	1805
4.	Derajat Jenuh (DS)	0,42	0,4
5.	Tundaan D (detik)	16,8	15,4
6.	Tingkat Pelayanan	C	C
Keterangan		Arus stabil	Arus stabil



Gambar 4. Perbandingan volume dan pelanggaran Simpang Proliman saat *countdown timer* menyala

Untuk pelanggaran saat *countdown timer* dimatikan dilakukan pada hari Minggu 7 Juni, Senin 1 Juni, dan Kamis 4 Juni disesuaikan dengan jam sibuk masing-masing hari dijelaskan pada Gambar 5 .

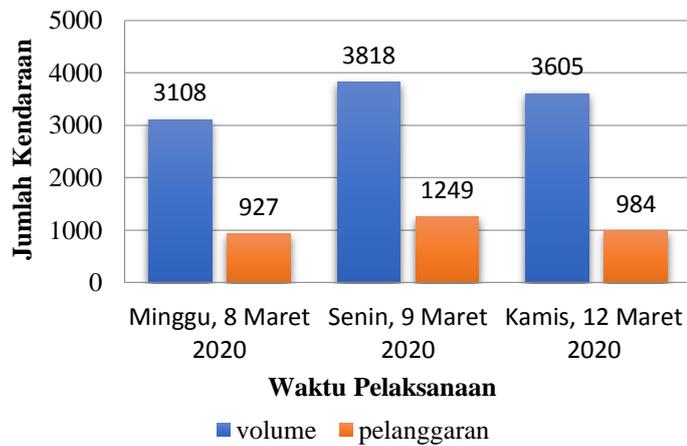
Hasil analisis pada Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa perbandingan volume lalu lintas dengan pelanggaran saat *countdown timer* dinyalakan lebih tinggi daripada *countdown timer* dimatikan. Pelanggaran Simpang Proliman tersebut menurun 8 – 10 % ketika *countdown timer* dimatikan dalam

periode satu hari survei dan total pelanggaran saat *countdown timer* menyala selama 3 hari survei sebesar 3.168 pelanggaran turun menjadi 2371 pelanggaran saat *countdown timer* dimatikan, dengan tingkat prosentase pelanggaran sebesar 34 %.

Survei pelanggaran lalu lintas di Simpang Kejaksanaan dilakukan pada tiga hari yang berbeda, yaitu Minggu, Senin dan Kamis. Perbandingan volume dan jumlah pelanggaran pada kedua kondisi dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 5. Perbandingan volume dan pelanggaran Simpang Proliman saat *countdown timer* dimatikan



Gambar 6. Perbandingan volume dan pelanggaran Simping Kejaksanaan saat *countdown timer* menyala



Gambar 7. Perbandingan volume dan pelanggaran Simping Kejaksanaan saat *countdown timer* dimatikan

Berdasarkan Gambar 6 dan Gambar 7 dapat diketahui bahwa perbandingan volume lalu lintas dengan pelanggaran saat *countdown timer* dinyalakan lebih tinggi daripada *countdown timer* dimatikan. Pelanggaran Simping Proliman tersebut menurun 5,5 % ketika *countdown timer* dimatikan dalam periode satu hari survei. Total pelanggaran saat *countdown timer* menyala selama tiga hari survei sebesar 3.160 pelanggaran turun menjadi 2.666 pelanggaran saat *countdown timer* dimatikan, dengan prosentase tingkat pelanggaran sebesar 19 %.

Berikutnya dilakukan uji beda jumlah pelanggaran lalu lintas ketika *countdown timer* menyala dan dimatikan pada kedua simpang. Uji beda dilakukan dengan menggunakan Uji *Independent sample T-Test* dengan hasil sebagaimana pada Tabel 5 dan Tabel 6. Berdasarkan kedua tabel ini dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan jumlah pelanggaran lalu lintas yang signifikan ketika *countdown timer* menyala dan dimatikan untuk kedua lokasi ($p\text{-value} < 0,05$). Dengan rata-rata jumlah pelanggaran lalu lintas yang lebih besar ketika *countdown timer* menyala.

Tabel 5. Hasil uji beda pelanggaran Simping Proliman

No	Jenis Uji	Hasil Analisis	<i>Countdown timer</i> Dinyalakan	<i>Countdown timer</i> Dimatikan
1.	<i>Normality</i>	<i>P-Value</i> <i>Shapiro-Wilk</i>	0,486	0,700
2.	<i>Homogeneity</i>	<i>P-Value</i> <i>Levene's</i>	0,578	
3.	<i>Independent sample T test</i>	<i>P-value</i>	0,001	

<i>Mean</i>	46,000	35,867
<i>Std. Deviation</i>	5,219	5,450

Tabel 6. Hasil uji beda pelanggaran Simpang Kejaksanaan

No	Jenis Uji	Hasil Analisis	<i>Countdown timer Dinyalakan</i>	<i>Countdown timer Dimatikan</i>
1.	<i>Normality</i>	<i>P-Value Shapiro-Wilk</i>	0,206	0,098
2.	<i>Homogeneity</i>	<i>P-Value Levene's</i>	0,496	
3.	<i>Independent sample T test</i>	<i>P-value Mean Std. Deviation</i>	31,225 2,213	0,001 24,725 2,353

Dari hasil analisis data yang telah dipaparkan di atas, diketahui adanya perbedaan kinerja simpang dan pelanggaran lalu lintas pada kedua simpang ketika *countdown timer* menyala dan dimatikan. Tabel 7 menjelaskan hasil perbandingan kinerja dan tingkat pelanggaran lalu lintas kedua simpang.

Berdasarkan Tabel 7 di atas dapat dilakukan evaluasi pemasangan *countdown timer* pada kedua simpang ditinjau dari kinerja simpang dan pelanggaran lalu lintas. Dari hasil evaluasi tersebut didapatkan perbedaan tundaan Simpang Proliman sebesar 3 detik, dan perbedaan tundaan Simpang Kejaksanaan 1 detik. Tundaan lebih tinggi ketika *countdown timer* dimatikan. Pelanggaran pengguna jalan di kedua simpang memiliki perbedaan yang signifikan. Pelanggaran lalu lintas lebih tinggi ketika *countdown timer* menyala. Dengan demikian tujuan pemasangan *countdown timer* pada simpang bersinyal untuk meningkatkan kinerja simpang dan mengurangi pelanggaran

pengguna jalan belum tercapai karena justru dapat meningkatkan tundaan dan pelanggaran pengguna jalan.

Temuan ini tidak sejalan dengan hasil studi sebelumnya yang melaporkan bahwa keberadaan *countdown timer* dapat meningkatkan kapasitas simpang dan mengurangi tundaan (Maliq et al., 2018; Wenbo et al., 2013). Pada studi ini kapasitas simpang dan derajat jenuh justru bertambah ketika *countdown timer* dimatikan.

Sejalan dengan hasil studi sebelumnya (Papaioannou & Politis, 2014), pelanggaran lalu lintas di kedua lokasi studi menunjukkan peningkatan ketika *countdown timer* dinyalakan. Hal ini juga mengkonfirmasi adanya kecenderungan percepatan arus kendaraan pada simpang dengan *countdown timer* (Pratina et al., 2018; Yohana Panjaitan et al., 2018). Efek dari diketahuinya waktu yang tersisa sebelum hijau, pengguna jalan cenderung untuk mencuri start dengan mulai berangkat ketika lampu akan berganti hijau.

Tabel 7. Hasil perbandingan Simpang Proliman dan Simpang Kejaksanaan

No	Indikator	Simpang Proliman		Simpang Kejaksanaan	
		<i>Countdown timer menyala</i>	<i>Countdown timer dimatikan</i>	<i>Countdown timer menyala</i>	<i>Countdown timer dimatikan</i>
1.	Tundaan (tingkat pelayanan)	27 detik/kend (D)	24 detik/kend (C)	16,8 detik/kend (C)	15,4 detik/kend (C)
2.	Pelanggaran Pengguna Jalan	3.168	2.371	3.160	2.666

(Sumber: Hasil Analisis 2020)

Begitupun ketika lampu akan menjelang merah, pengguna jalan cenderung menggunakan kesempatan ini untuk menghindari kewajiban berhenti dengan mempercepat kendaraannya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Keberadaan *countdown timer* di Simpang Proliman dan Simpang Kejaksanaan Kabupaten Sukoharjo ternyata meningkatkan tundaan, dengan sebesar 1-3 detik. Tingkat

elayanan pada Simpang Proliman meningkat dari D menjadi C ketika *countdown timer* dimatikan, sedangkan pada Simpang Kejaksanaan tetap D dalam kedua kondisi.

Pemasangan *countdown timer* juga memiliki sisi negatif berupa meningkatnya jumlah pelanggaran pengguna jalan dibandingkan ketika *countdown timer* dimatikan. Hal ini diketahui dari perbandingan volume dengan jumlah pelanggaran yang meningkat sebesar 8% pada saat *countdown timer* menyala. Uji beda jumlah pelanggaran di Simpang Proliman dan Simpang Kejaksanaan juga menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara pelanggaran lalu lintas saat *countdown timer* menyala dan dimatikan dengan nilai p-value 0,001 (H_0 ditolak).

Kedua temuan ini tidak selaras dengan tujuan pemasangan *countdown timer*, yaitu meningkatkan kinerja simpang dan mengurangi pelanggaran dengan menampilkan waktu tunggu kendaraan ketika berada di simpang bersinyal. Untuk itu diperlukan inovasi dalam memodifikasi pemasangan *countdown timer*.

Dari kesimpulan tersebut, perlu adanya pertimbangan kembali dalam pemasangan *countdown timer* karena dengan adanya *countdown timer* di kedua lokasi penelitian dapat meningkatkan tundaan dan pelanggaran lalu lintas. Modifikasi APILL dengan menambah sinyal kuning sebelum sinyal hijau (sesudah sinyal merah) menyala dapat dilakukan agar pengguna jalan dapat bersiap-siap untuk jalan sehingga saat sinyal hijau menyala dapat mengurangi kehilangan awal dan memberikan efek kelancaran lalu lintas pada simpang bersinyal.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Islam, M. R., Hurwitz, D. S., & Macuga, K. L. (2016). Improved driver responses at intersections with red signal countdown timers. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 63, 207–221. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.12.008>
- Kementerian Perhubungan. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 111 Tahun 2015 Tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Khisty, C. J. dan B. K. L. (2005). *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi* (Jilid 1). Jakarta: Erlangga.
- Kim, M., & Kim, H. K. (2020). Investigation of environmental benefits of traffic signal countdown timers. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 85(July), 102464. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102464>
- Kulanthayan, S., Phang, W. K., & Hayati, K. S. (2007). Traffic Light Violation Among Motorists in Malaysia. *IATSS Research*, 31(2), 67–73. [https://doi.org/10.1016/s0386-1112\(14\)60224-7](https://doi.org/10.1016/s0386-1112(14)60224-7)
- Limanond, T., Chookerd, S., & Roubtonglang, N. (2009). Effects of countdown timers on queue discharge characteristics of through movement at a signalized intersection. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(6), 662–671. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2009.05.005>
- Limanond, T., Prabjabok, P., & Tippayawong, K. (2010). Exploring impacts of countdown timers on traffic operations and driver behavior at a signalized intersection in Bangkok. *Transport Policy*, 17(6), 420–427. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.04.009>
- Maliq, T. M., Sulistio, H., Djakfar, L., & Sulistyono, S. (2018). Pengaruh Penggunaan Countdown Timer Terhadap Kinerja Beberapa Simpang Bersinyal di Kota Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 2(2), 109–118.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2015). *Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta: Menteri Perhubungan Republik Indonesia.
- Papaioannou, P., & Politis, I. (2014). Preliminary impact analysis of countdown signal timer installations at two intersections in Greece. *Procedia Engineering*, 84, 634–647.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.481>

- Pemerintah Republik Indonesia. (2009). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Pratina, G., Mahmudah, A. M. ., & Legowo, S. J. (2018). Variasi Waktu Keberangkatan Arus Kendaraan Dan Arus Jenuh Per Meter (S0/M) Pada Simpang Bersinyal Dengan Full Time Countdown Timer. *Matriks Teknik Sipil*, 6(3), 565–574. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v6i3.36566>
- Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tetang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*, (Vol. 24). (2009).
- Wenbo, S., Zhaocheng, H., Xi, X., & Feifei, X. (2013). Exploring Impacts of Countdown Timers on Queue Discharge Characteristics of Through Movement at Signalized Intersections. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96(Cictp), 255–264. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.032>
- Yohana Panjaitan, T. U., Mahmudah, A. M. ., & Legowo, S. J. (2018). Studi Variasi Keberangkatan Lalu Lintas Dan Perbandingan Arus Jenuh Metode Time Slice Dengan Arus Jenuh Mkji 1997 Pada Simpang Bersinyal Dengan Short Time Countdown Timer. *Matriks Teknik Sipil*, 6(4), 592–601. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v6i4.36533>