

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*

Tri Utamy Yohana Panjaitan¹⁾, Amirotul MHM²⁾, S J Legowo³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

²⁾ Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta, 57126; Telp. 0271-634524. yohanapanjaitan17@gmail.com

Abstract

On highway, location which contains conflict points is intersection. One of means of reducing conflict points is by adding traffic lights. Another equipment to possibly be added on intersection is countdown timer. Countdown timer is an additional equipment that can provide informations on the traffic lights' duration to drivers. On the other side, this addition can cause variation on vehicles departure (Cong dkk; 2012). This research's purposes are knowing the variation of vehicle's departure and base saturation flow per meter (S_0/m) on intersections equipped with countdown timer. The datas were collected at Sate Sumber Intersection, Polres Karanganyar Intersection, and Tugu Wisnu Intersection and each were taken at peak and off-peak hour. Vehicle's departure variation data are analyzed by using statistic analysis method while saturation flow datas by using time slice method. Based on analysis result, known variation of vehicle's departure that occur on Sate Sumber Intersection is acceleration of vehicle's departure while on Polres Karanganyar Intersection and Tugu Wisnu Intersection are deceleration of vehicle's departure. From all values of S_0/m obtained from all three intersections, none of them correspond the standard of MKJI 1997 S_0/m , which is 600.

Keywords: *countdown timer, time slice method, departure time shift, short time, signalized intersections, saturation flow*

ABSTRAK

Pada jalan raya, titik konflik yang paling banyak ditemui yaitu pada simpang. Salah satu upaya untuk mengurangi titik konflik adalah dengan penambahan lampu lalu lintas. Perangkat lain yang dapat ditambahkan pada simpang adalah *countdown timer*. *Countdown timer* merupakan perangkat tambahan yang berfungsi memberikan informasi mengenai durasi waktu sinyal dari lampu lalu lintas. Akan tetapi, penambahan *countdown timer* ternyata menyebabkan timbulnya variasi pada keberangkatan lalu lintas atau kendaraan (Cong dkk; 2012). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi pada waktu keberangkatan dan nilai arus jenuh dasar per meter (S_0/m) pada simpang bersinyal dengan *countdown timer*. Data diperoleh di Simpang Sate Sumber, Simpang Polres Karanganyar, dan Simpang Tugu Wisnu yang dilakukan pada jam puncak dan jam tidak puncak. Data variasi waktu keberangkatan dianalisis menggunakan analisis statistic, sementara data arus jenuh menggunakan metode *time slice*. Berdasarkan hasil analisis, diketahui variasi waktu keberangkatan yang terjadi berupa percepatan waktu keberangkatan pada Simpang Sate Sumber dan perlambatan waktu keberangkatan pada Simpang Polres Karanganyar dan Simpang Tugu Wisnu. Nilai S_0/m yang diperoleh pada semua simpang baik pada jam puncak tidak ada yang memenuhi standar S_0/m MKJI 1997 yaitu sebesar 600.

Kata kunci: *countdown timer, metode time slice, variasi waktu keberangkatan, simpang bersinyal, arus jenuh*

PENDAHULUAN

Perkembangan masyarakat yang berlangsung secara pesat mengakibatkan laju pertumbuhan lalu lintas yang terus meningkat. Dengan meningkatnya laju pertumbuhan menyebabkan arus pada lalu lintas jalan raya semakin padat terutama pada simpang yang dimana sering terjadi banyaknya titik konflik. Hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah titik konflik simpang jalan raya adalah dengan penambahan lampu lalu lintas (*traffic signal*). Upaya untuk meningkatkan kinerja pada simpang bersinyal yang dapat dilakukan salah satunya adalah dengan penambahan alat penunjuk informasi waktu hitung mundur atau yang disebut dengan *countdown timer*. Penambahan *countdown timer* pada simpang bersinyal ternyata menyebabkan perubahan perilaku pada pengendara yaitu pengendara akan berangkat lebih dahulu sebelum lampu lalu lintas menunjukkan waktu hijau. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya variasi waktu keberangkatan lalu lintas pada simpang bersinyal. Apabila variasi yang terjadi adalah percepatan keberangkatan kendaraan, maka pengendara melakukan pelanggaran pada lalu lintas dan dikhawatirkan dapat menyebabkan potensi

pelanggaran. Oleh karena itu, perlunya dilakukan analisis variasi waktu keberangkatan lalu lintas pada simpang bersinyal dengan *countdown timer* untuk mengurangi potensi terjadinya kecelakaan. Selain itu, perlunya dilakukan analisis arus jenuh pada simpang bersinyal dengan *countdown timer* untuk mengetahui jumlah kendaraan maksimum yang dapat dilewatkan oleh lengan pendekat tiap simpang tinjauan.

Penelitian ini memiliki kemiripan dengan penelitian yang dilakukan Bowoputro (2014) di kota Malang Bagian Selatan dalam menganalisis arus jenuh dasar per meter pada simpang bersinyal. Metode dalam pengumpulan data yang digunakan adalah perekaman dengan kamera video seperti penelitian yang dilakukan oleh Shang (2014). Metode analisis data yang digunakan adalah metode *time slice* seperti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kurnia (2013) dan Nguyen (2016).

LANDASAN TEORI

Dasar Teori

Variasi Waktu Keberangkatan Lalu Lintas

Rumus yang digunakan dalam perhitungan variasi waktu keberangkatan arus kendaraan adalah sebagai berikut:

Nilai rata-rata (*Mean*)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

- \bar{x} = Nilai rata-rata,
- x_i = Nilai sampel ke-i, dan
- n = Jumlah data

Standar Deviasi

$$s = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

- S = Standar deviasi,
- x_i = Nilai sampel ke-i,
- n = Jumlah data

Kuartil

a) untuk n ganjil:

$$Q_i = \frac{i(n+1)}{4} \dots\dots\dots(3)$$

b) untuk n genap:

$$Q_i = \frac{i(n+2)}{4} \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

- Q_i = Kuartil ke-i, dan
- n = Banyaknya data.

Arus Jenuh

Rumus yang digunakan dalam perhitungan arus jenuh adalah sebagai berikut:

a) *Time Slice*

$$(\sum Lv \times emp Lv + \sum Hv \times emp Hv + \sum Lv \times emp Lv) \times \frac{3600}{t} = S \dots\dots\dots(5)$$

dengan:

- S = Arus jenuh (smp/jam),
- t = Waktu interval (detik),
- emp* = Nilai ekuivalen,
- LV* = Notasi untuk kendaraan ringan,
- HV* = Notasi untuk kendaraan berat, dan

- MC = Notasi untuk sepeda motor.
- b) MKJI 1997
 Arus lalu lintas total (smp/jam)
 $Q_{smp} = (emp_{LV} \times LV) + (emp_{HV} \times HV) + (emp_{MC} \times MC) \dots\dots\dots(6)$

dengan:
 Q = Arus lalu lintas total (smp/jam),

Arus Jenuh
 $S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{LT} \times F_{RT} \dots\dots\dots(7)$

- dengan:
 S = Arus jenuh (smp/waktu hijau efektif),
 S_0 = Arus jenuh dasar (smp/waktu hijau efektif),
 F_{CS} = Faktor koreksi arus jenuh akibat ukuran kota (jumlah penduduk),
 F_{SF} = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya gangguan samping,
 F_G = Faktor koreksi arus jenuh akibat kelandaian jalan,
 F_P = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya kegiatan perparkiran dekat lengan persimpangan,
 F_{LT} = Faktor koreksi kapasitas akibat adanya pergerakan belok kiri, dan
 F_{RT} = Faktor koreksi kapasitas akibat adanya pergerakan belok kanan.

Arus Jenuh Dasar
 $S_0 = 600 \times W_e \dots\dots\dots(8)$

- dengan:
 S_0 = Arus jenuh dasar (smp/waktu hijau efektif),
 600 = Arus jenuh dasar per meter (S_0/m), dan
 W_e = Lebar efektif (meter).

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Kota Surakarta dan Kabupaten Karanganyar. Simpang bersinyal yang dipilih adalah Simpang Sate Sumber (pendekat Jl. Ki Mangun Sarkoro arah barat), Simpang Polres Karanganyar (pendekat Jl. Lawu arah barat, dan Simpang Tugu Wisnu (pendekat Jl. Semarang – Surakarta arah utara). Waktu penelitian yang digunakan adalah saat jam puncak (06.30 – 08.00) dan jam tidak puncak (10.00 – 11.00)

Jenis Data

Pada penelitian ini digunakan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung oleh penulis dengan cara survei langsung pada pendekatan simpang yang telah ditentukan yang berupa data geometri jalan (kemiringan dan lebar pendekatan), data arus lalu lintas, data durasi waktu sinyal, data hambatan samping, dan data kondisi lingkungan jalan. Sedangkan data sekunder adalah data yang didapatkan dari sumber lain seperti instansi pemerintah dan instansi swasta yang merupakan *journal* penelitian, jumlah penduduk dan peta jaringan jalan Kota Solo dan Kabupaten Karanganyar.

Pengumpulan Data

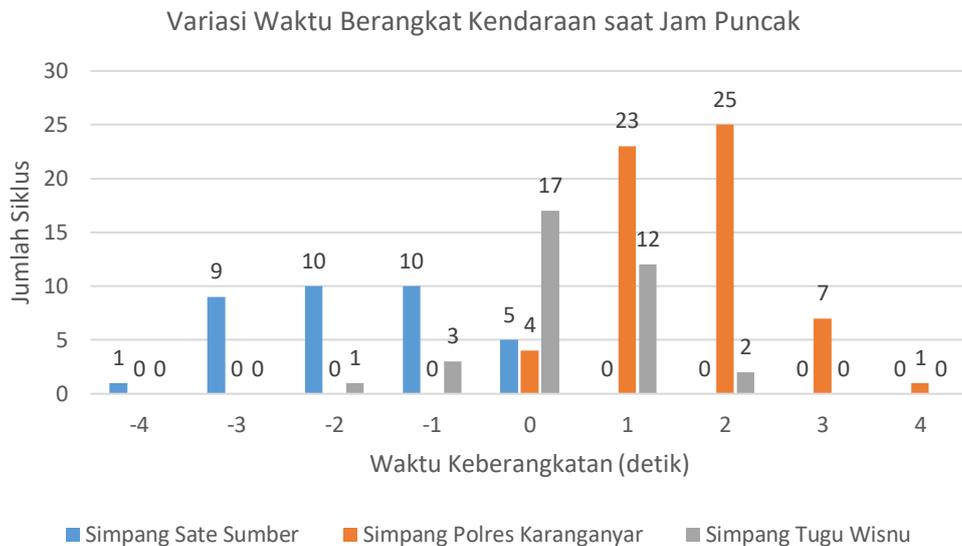
Data geometrik jalan raya dilakukan dengan cara pengukuran langsung pada lapangan, sebagai contoh data lebar pendekatan diukur menggunakan meteran dan data kemiringan jalan diukur menggunakan *Total Station*. Data arus lalu lintas dan durasi waktu sinyal diperoleh melalui rekaman video pada simpang. Data hambatan samping dan data kondisi lingkungan jalan diperoleh melalui pengamatan secara langsung di lapangan.

ANALISIS DAN HASIL

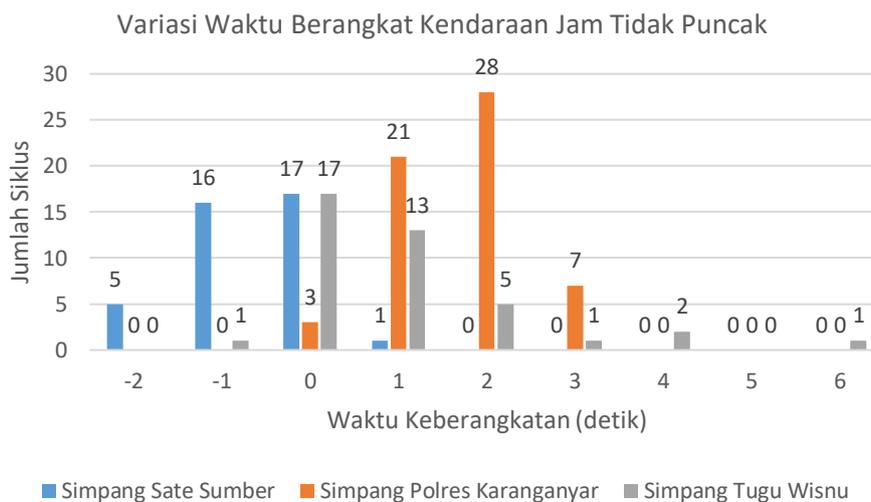
Analisis Variasi Waktu Keberangkatan

Pada analisis pergeseran waktu keberangkatan, banyak kejadian / frekuensi waktu berangkat kendaraan dikelompokkan dan disajikan dalam bentuk grafik. Hal ini dimaksudkan untuk melihat besar pergeseran waktu keberangkatan dan perbandingannya dengan tiap simpang. Apabila kendaraan bergerak sebelum

waktu hijau maka waktu keberangkatan ditunjukkan dengan nilai negatif, sementara apabila kendaraan bergerak setelah waktu hijau maka waktu keberangkatan ditunjukkan dengan nilai positif.



Gambar 1 Grafik Variasi Waktu Berangkat Kendaraan saat Jam Puncak



Gambar 2 Grafik Variasi Waktu Berangkat Kendaraan saat Jam Tidak Puncak

Berdasarkan gambar 1, saat jam puncak dapat diketahui bahwa potensi terjadinya pelanggaran lebih tinggi di Simpang Sate Sumber ditunjukkan dengan hampir semua siklus yang berangkat sebelum waktu hijau. Sementara untuk Simpang Polres Karanganyar dan Tugu Wisnu hampir seluruh siklus berangkat sesaat atau setelah waktu hijau. Hal ini menunjukkan pada Simpang Sate Sumber terjadi percepatan waktu keberangkatan dan perlambatan waktu keberangkatan pada Simpang Polres Karanganyar dan Simpang Tugu Wisnu.

Sementara saat jam tidak puncak menurut gambar 2, potensi terjadinya pelanggaran lebih tinggi di Simpang Sate Sumber ditunjukkan dengan hampir semua siklus yang berangkat sebelum waktu hijau. Sementara untuk Simpang Polres Karanganyar dan Tugu Wisnu hampir seluruh siklus berangkat sesaat atau setelah waktu hijau. Hal ini menunjukkan pada Simpang Sate Sumber terjadi percepatan waktu keberangkatan dan perlambatan waktu keberangkatan pada Simpang Polres Karanganyar dan Simpang Tugu Wisnu

Analisis *Mean* dan Standar Deviasi Waktu Keberangkatan

Hasil perhitungan mean dan standar deviasi pada tiap simpang dapat dilihat pada Tabel 1
Tabel 1 Hasil Perhitungan Mean dan Standar Deviasi pada Simpang

Nama Simpang	Jumlah Data	<i>Mean</i>	Standar Deviasi	Q ₁ (Kuartil atas)	Q ₃ (Kuartil bawah)	Indikasi data
Jam Puncak						
Simpang Sate Sumber	35	-1,74	1,09	-3	-1	buruk
Simpang Polres Karanganyar	60	1,63	0,84	1	2	buruk
Simpang Tugu Wisnu	35	0,31	0,83	0	1	baik
Jam Tidak Puncak						
Simpang Sate Sumber	39	-0,64	0,74	-1	0	buruk
Simpang Polres Karanganyar	59	1,66	0,76	1	2	buruk
Simpang Tugu Wisnu	40	0,98	1,37	0	1	buruk

Apabila standar deviasi lebih besar dari mean, maka data bervariasi. Berdasarkan Tabel 1 Simpang Tugu Wisnu saat jam puncak maupun jam tidak puncak dan Simpang Sate Sumber saat jam tidak puncak memiliki standar deviasi yang lebih besar dari mean. Hal ini menunjukkan bahwa data penelitian pada Simpang Sate Sumber saat jam tidak puncak dan Simpang Tugu Wisnu saat jam puncak maupun jam tidak puncak memiliki data yang bervariasi.

Contoh perhitungan *mean* dan st. deviasi pada Simpang Sate Sumber saat jam puncak adalah sebagai berikut:

$$\text{Data} = -1, -2, -1, -1, -3, -1, 0, -1, -1, -1, 0, -2, 0, -2, -2, -2, -3, -3, -4, -2, -2, 0, -1, -3, -3, -3, -3, 0, -1, -2, -1, -3, -3, -2, -2$$

$$\begin{aligned} \text{Mean} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\ &= \frac{1}{35} \sum_{i=1}^{35} x_i \\ &= -1,74 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{St. Deviasi} &= \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{35 \sum_{i=1}^{35} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{35} x_i)^2}{35(35-1)}} \\ &= 1,09 \end{aligned}$$

Selain itu juga dapat dilihat melalui hubungan antara standar deviasi dan kuartil. Menurut Faisal (2016), apabila standar deviasi berada di antara kuartil bawah dan kuartil atas maka data dapat dikatakan data baik. Sementara jika standar deviasi berada di luar kuartil bawah dan kuartil atas maka data dapat dikatakan data buruk. Menurut Tabel 1 data baik hanya didapati pada Simpang Tugu Wisnu saat jam puncak.

Contoh perhitungan kuartil pada Simpang Sate Sumber saat jam puncak adalah sebagai berikut:

Data terurut = -4, -3, -3, -3, -3, -3, -3, -3, -3, -3, -2, -2, -2, -2, -2, -2, -2, -2, -2, -2, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, 0, 0, 0, 0, 0.

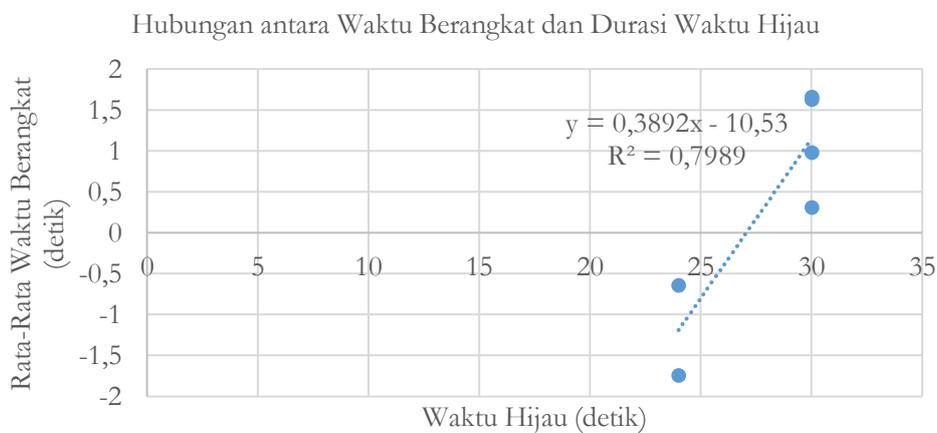
Q_1 (Bawah) = $i/4 \times (n + 2)$
= $1/4 \times (35 + 2)$
= data ke 9 = -3

Q_3 (Atas) = $i/4 \times (n + 2)$
= $3/4 \times (35 + 2)$
= data ke 27 = -1

1) Analisis Korelasi Waktu Keberangkatan dengan Faktor Penyesuaian

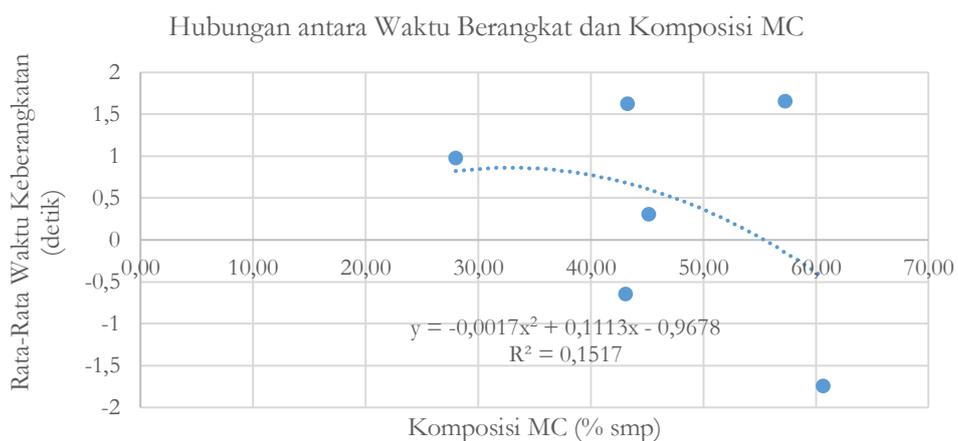
Berikut merupakan faktor-faktor penyesuaian yang mempengaruhi terjadinya variasi waktu keberangkatan pada Simpang Sate Sumber, Simpang Polres Karanganyar, dan Simpang Tugu Wisnu.

a) Durasi Waktu Hijau



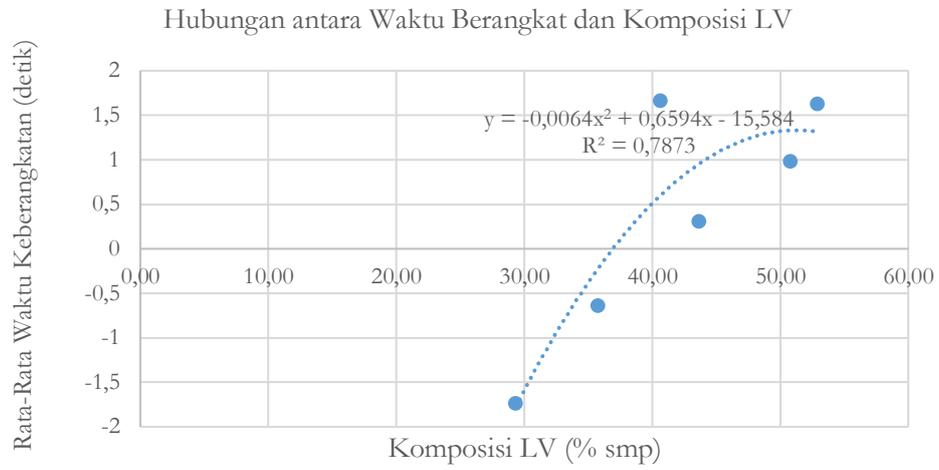
Gambar 3 Hubungan Waktu Keberangkatan Arus Kendaraan dengan Durasi Waktu Hijau

b) Komposisi Motorcycle (MC)



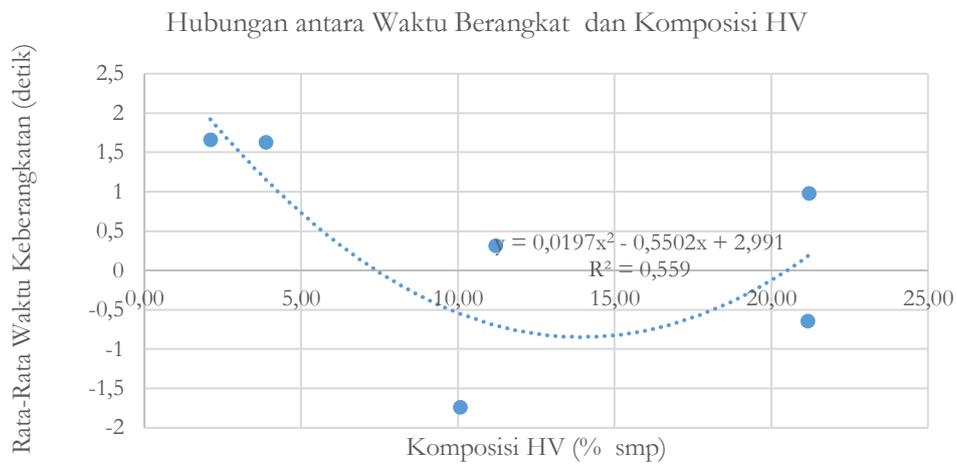
Gambar 4 Hubungan Waktu Keberangkatan Arus Kendaraan dengan Komposisi MC

c) Komposisi *Light Vehicle* (LV)



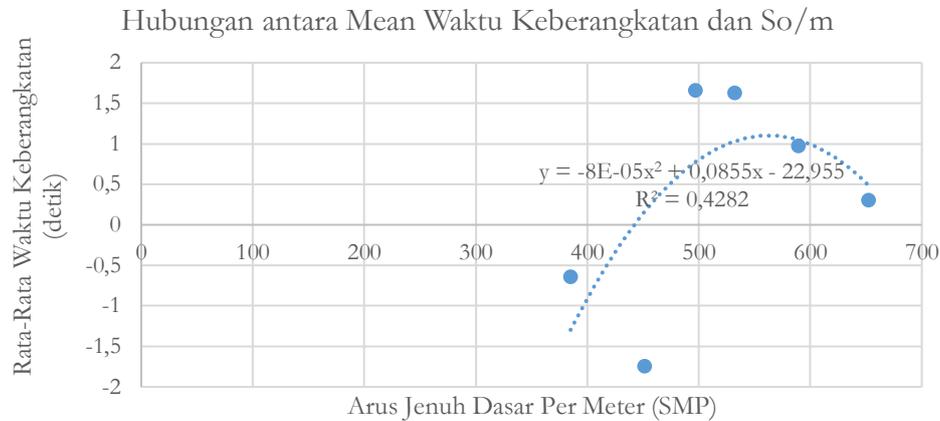
Gambar 5 Hubungan Waktu Keberangkatan Arus Kendaraan dengan Komposisi LV

d) Komposisi *Heavy Vehicle* (HV)



Gambar 6 Hubungan Waktu Keberangkatan Arus Kendaraan dengan Komposisi HV

e) Arus Jenuh Dasar Per Meter (S_o/m)



Gambar 7 Hubungan Waktu Keberangkatan Arus Kendaraan dengan Komposisi MC

Berdasarkan Gambar 3 – 7 dapat dilihat nilai koefisien determinasi (R^2) untuk faktor-faktor yang kemungkinan mempengaruhi terjadinya variasi waktu keberangkatan. Dengan menghitung akar pangkat dari nilai koefisien determinasi dapat diperoleh nilai koefisien korelasi (R). Koefisien korelasi adalah nilai yang menunjukkan seberapa kuat hubungan antar variabel. Menurut Sarwono (2006), kriteria koefisien korelasi sebagai berikut:

- 0 = Tidak ada korelasi antara dua variabel
- $>0 - 0,25$ = Korelasi sangat lemah
- $>0,25 - 0,5$ = Korelasi cukup
- $>0,5 - 0,75$ = Korelasi kuat
- $>0,75 - 0,99$ = Korelasi sangat kuat
- 1 = Korelasi sempurna

Besarnya korelasi antara Waktu Keberangkatan dengan masing-masing faktor penyesuaian dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Analisis Korelasi Waktu Keberangkatan dengan Faktor-Faktor Penyesuaian

Faktor Penyesuaian Waktu Keberangkatan	Koefisien Korelasi	Keterangan Korelasi
Durasi Waktu Hijau	0,8938	Sangat kuat
Komposisi MC	0,3895	Cukup
Komposisi LV	0,8873	Sangat kuat
Komposisi HV	0,7477	Kuat
Arus Jenuh Dasar per Meter	0,6544	Kuat

Dengan ini dapat disimpulkan bahwa, variabel yang memberikan pengaruh paling kuat terhadap waktu keberangkatan adalah durasi waktu hijau, komposisi LV, dan komposisi HV. Selanjutnya diikuti oleh

komposisi HV dan S_o/m yang memberikan pengaruh kuat terhadap waktu keberangkatan. Pada posisi terakhir komposisi MC hanya memberikan pengaruh yang cukup terhadap waktu keberangkatan.

Analisis Arus Jenuh

Menurut MKJI 1997, nilai S_o/m dapat dilihat melalui persamaan berikut:

$$S_0 = 600 \times W_{\text{efektif}}$$

600 adalah nilai S_o/m yang disarankan oleh MKJI 1997. Salah satu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah nilai 600 adalah nilai yang akan dihasilkan oleh semua simpang. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan S_o/m pada Simpang Sate Sumber, Simpang Polres Karanganyar, Simpang Tugu Wisnu baik saat jam puncak maupun tidak puncak.

Contoh perhitungan S_o/m pada Simpang Sate Sumber saat jam puncak sebagai berikut:

$$S_0 = S_o/m \times W_{\text{efektif}}$$

$$S_o/m = S_0 / W_{\text{efektif}}$$

$$\begin{aligned} S_o/m &= 2929 / 6,5 \\ &= 451 \end{aligned}$$

Tabel 3 Arus Jenuh Dasar pada Tiap Simpang

Nama Simpang	Lebar Pendekat (m)	S_0 (smp/jam)	S_o/m (smp)
Jam Puncak			
Sate Sumber	6,5	2929	451
Polres Karanganyar	6	3189	532
Tugu Wisnu	5	3259	652
Jam Tidak Puncak			
Sate Sumber	6,5	2506	385
Polres Karanganyar	6	2984	497
Tugu Wisnu	5	2943	589

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 3 di atas didapatkan 6 nilai S_o/m dari hasil survey 3 simpang saat jam puncak dan tidak puncak. 1 dari 6 hasil perhitungan S_o/m lebih besar dari 600 (standar yang ditetapkan MKJI 1997) yaitu sebesar 652. Sementara hasil perhitungan lainnya berada dibawah standar dengan *range* 385 – 589. Perbedaan hasil yang bervariasi ini menunjukkan bahwa S_o/m dilapangan tidak dapat serta merta dianggap sebesar 600 karena banyaknya faktor-faktor yang terjadi dilapangan yang tidak dapat diabaikan. Arus lalu lintas, hambatan samping, waktu fase, jenis kendaraan, distribusi pergerakan kendaraan dan kondisi geometri memberikan pengaruh terhadap besar S_o/m pada simpang.

SIMPULAN

a. Waktu Berangkat Kendaraan:

1. Saat jam puncak, waktu keberangkatan pada Simpang Sate Sumber memiliki potensi pelanggaran dan terjadi percepatan waktu keberangkatan. Sementara pada Simpang Polres Karanganyar dan Simpang Tugu Wisnu tidak ada potensi pelanggaran namun terjadinya perlambatan waktu keberangkatan.

2. Saat jam tidak puncak, waktu keberangkatan pada Simpang Sate Sumber memiliki potensi pelanggaran dan terjadi percepatan waktu keberangkatan. Sementara pada Simpang Polres Karanganyar dan Simpang Tugu Wisnu tidak ada potensi pelanggaran namun terjadinya perlambatan waktu keberangkatan.
 3. Variabel yang memberikan pengaruh terhadap waktu keberangkatan adalah durasi waktu hijau, komposisi LV, komposisi HV, dan arus jenuh dasar per meter
- b. Arus Jenuh Dasar per Meter:
- Berdasarkan hasil analisis survey 3 simpang saat jam puncak dan tidak puncak, 1 dari 6 hasil perhitungan S_0/m lebih besar dari 600 (standar yang ditetapkan MKJI 1997) yaitu sebesar 652. Sementara hasil perhitungan lainnya berada dibawah standar dengan *range* 385 – 589. Hal ini disebabkan adanya faktor-faktor yang terjadi di lapangan yang mempengaruhi nilai arus jenuh dasar per meter pada masing-masing simpang

SARAN

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan dilakukan analisis terhadap jumlah pelanggaran yang terjadi pada simpang. Hal ini dimaksudkan untuk memberi gambaran yang lebih jelas mengenai potensi pelanggaran pada simpang bersinyal yang dilengkapi dengan *short time countdown timer*.
2. Standar MKJI 1997 arus jenuh dasar per meter sebesar 600 smp sebaiknya dikaji ulang. Nilai tersebut tidak dapat diaplikasikan kepada seluruh simpang. Hal ini disebabkan terdapat berbagai faktor-faktor penyesuaian yang berbeda pada tiap lokasi simpang

REFERENSI

- _____. 2012. *Buku Pedoman Penulisan Skripsi/Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret*. Universitas Sebelas Maret.
- _____. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Bowoputro, Hendi, M.Zainul Arifin, Lutfi Djakfar, dan Rahayu Kusumaningrum. 2014. *Kajian Arus Jenuh Pada Simpang Bersinyal di Kota Malang Bagian Selatan*. Jurnal Rekayasa Sipil Volume 8, No.2 – 2014 ISSN 1978 – 5658.
- Cong, Z., Yongfeng, M., & Jian, L., 2012, *Study On Start-up Lost Time of Traffic Signal with Countdown Display and the Driving Behavior at the End of Green Signal, Proceeding of The 12th International Conference of Transportation Professionals*, pp. 941-952.
- Faisal, M Reza. 2016. *Seri Belajar Pemograman: Pengenalan Bahasa Pemograman*. R . INDC.
- Ghozali, Imam. 2009. *Apilikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*. Semarang: UNDIP.
- Jonathan, Sarwono. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lubis, Rozaqon Insani, dan Medis S. Surbakti. 2016. *Analisa Arus Jenuh Dan Panjang Antrian Pada Simpang Bersinyal Dan Mikrosimulasi Menggunakan Software Vissim* . Jurnal Rekayasa Sipil Volume 8, No.2 – 2016 ISSN 1978 – 5658
- Nguyen, Huynh Duc. 2016. *Saturation Flow Rate Analysis at Signalized Intersections for Mixed Traffic Conditions in Motorcycle Dependent Cities*. Transportation Research Procedia 2016, Volume 15, Pages 694-708
- Shang, Huayan, Yiming Zhang, and Lang Fan. 2014. *Heterogeneous Lanes' Saturation Flow Rates at Signalized Intersections*. Procedia - Social and Behavioral Sciences 138 (2014) 3 – 10
- W, Lila Kurnia, Achmad Wicaksono, dan M. Ruslin Anwar. 2013. *Analysis Of Motorcycle Effects To Saturation Flow Rate At Signalized Intersections In Malang City*. Jurnal Rekayasa Sipil / Volume 7, No.3 – 2013 ISSN 1978 – 5658..