

# OPTIMASI SIMPANG BERSINYAL DENGAN MIKROSIMULASI *SOFTWARE* VISSIM (STUDI KASUS : SIMPANG COLOMBO DAN SIMPANG SAGAN, YOGYAKARTA)

**Siti Muthmainnah**  
Mahasiswa Magister Sistem  
dan Teknik Transportasi  
Fakultas Teknik  
UGM - Yogyakarta  
[sitimuthm@gmail.com](mailto:sitimuthm@gmail.com)

**Siti Malkhamah**  
Guru Besar Magister Sistem  
dan Teknik Transportasi  
Fakultas Teknik  
UGM - Yogyakarta  
[malkhamah@ugm.ac.id](mailto:malkhamah@ugm.ac.id)

**Dewanti**  
Dosen Magister Sistem dan  
Teknik Transportasi  
Fakultas Teknik  
UGM - Yogyakarta  
[dewanti@ugm.ac.id](mailto:dewanti@ugm.ac.id)

## ABSTRACT

*Congestion that occurs at signal intersections is caused by high private vehicle users and non-optimal signal time. Consequence, the delay and the queue length that occurs will be greater and affecting the performance of public transport that passes through an intersection in the mix traffic. So, it needs a traffic management in order to optimize signal time that can improve the intersection performance. In this study a simulation was carried out on a signal intersection, namely the Colombo intersection and Sagan intersection using Vissim software to model the implementation of signal optimization in the two intersections. Calculation of intersection performance and bus travel time is used as a reference for comparison before and after traffic signal optimization in the two intersections. The results of this study indicate that the optimization of the right signal time results in better intersection performance and can accelerate the travel time of Trans Jogja buses.*

**Keywords :** Signal Intersection, Vissim, Traffic Signal Optimization

## ABSTRAK

Kemacetan yang terjadi di simpang bersinyal disebabkan oleh tingginya pengguna kendaraan pribadi dan waktu sinyal yang tidak optimal. Akibatnya, tundaan dan panjang antrian yang terjadi akan semakin besar dan dapat mempengaruhi kinerja angkutan umum yang melewati suatu simpang dalam kondisi kendaraan tercampur (mix traffic). Maka, dibutuhkan suatu manajemen lalu lintas berupa optimalisasi waktu sinyal untuk memperbaiki kinerja simpang tersebut. Pada penelitian ini dilakukan simulasi pada simpang bersinyal yaitu simpang Colombo dan simpang Sagan menggunakan *software* Vissim untuk memodelkan penerapan optimasi sinyal pada kedua simpang. Perhitungan kinerja simpang dan waktu tempuh bus digunakan sebagai acuan untuk perbandingan sebelum dan sesudah dilakukannya optimasi sinyal lalu lintas di kedua simpang tersebut. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa optimasi waktu sinyal yang tepat menghasilkan kinerja simpang yang lebih baik dan dapat mempercepat waktu tempuh bus Trans Jogja.

**Kata Kunci :** Simping Bersinyal, Vissim, Optimasi Sinyal Lalu Lintas

## PENDAHULUAN

Tingginya pengguna kendaraan pribadi menjadi salah satu faktor kemacetan suatu kota. Kemacetan tersebut bisa ditemukan di tiap-tiap simpang pada jam sibuk yang berakibat menurunnya kinerja simpang. Tundaan dan panjang antrian yang terjadi pada simpang juga berakibat pada kinerja angkutan umum. Dalam kondisi arus kendaraan tercampur (mixed traffic), waktu tempuh angkutan umum sangat dipengaruhi oleh tingginya arus kendaraan lain di suatu simpang.

Selain arus lalu lintas yang tinggi, kurang optimalnya waktu sinyal menjadi sebab menurunnya kinerja simpang. Waktu sinyal yang tidak optimal dapat membuat tundaan dan panjang antrian semakin tidak terkendali. Oleh karena itu, dibutuhkannya manajemen

lalulintas yang tepat untuk meningkatkan kinerja simpang dan kinerja angkutan umum. Optimalisasi waktu sinyal pada simpang merupakan suatu upaya ekonomis yang dapat meningkatkan kinerja simpang. Waktu sinyal yang optimal nantinya dapat mengurangi tundaan dan panjang antrian serta menurunkan waktu tempuh angkutan umum.

Penelitian dilakukan pada 2 simpang, yaitu simpang tiga Colombo dan simpang empat Sagan yang mana merupakan simpang padat lalulintas di kota Yogyakarta. Pemodelan kedua simpang dilakukan menggunakan simulasi mikroskopik menggunakan *software* Vissim. Analisis dilakukan untuk menguji kinerja simpang setelah dilakukan optimasi waktu sinyal dan akan dibandingkan dengan kondisi sebelum dilakukan manajemen lalulintas tersebut.

## METODOLOGI

### Optimasi waktu sinyal

Salah satu cara untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu melalui optimalisasi waktu simpang. Hal tersebut bisa dilakukan dengan cara memprioritaskan fase yang memiliki frekuensi bus terbanyak. Namun demikian, penentuan waktu siklus maksimal, pembagian waktu fase dan jumlah fase yang dibutuhkan tiap simpang harus sesuai dengan formula dan aturan yang berlaku.

Munawar (2004) menjelaskan bahwa waktu siklus suatu lampu lalulintas harus dicari yang optimum, sehingga waktu tunggu rata-rata menjadi minimum. Berikut adalah formula untuk mendapatkan waktu siklus optimum.

$$C_{opt} = \frac{1,5.LT1+5}{1-IFR} \quad (1)$$

keterangan :

$C_{opt}$  : cycle time optimum (detik)

LTI : waktu hilang total pada satu cycle time (detik)

IFR : jumlah FR ( $\sum FR$ ) maksimum tiap fase

dimana,

$$IFR = \frac{\text{Arus lalulintas suatu fase}}{\text{Arus lalulintas jenuh}} \quad (2)$$

Adapun batasan waktu siklus yang disarankan oleh MKJI (1997) guna untuk dijadikan pertimbangan dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Waktu Siklus yang Disarankan

| Tipe kontrol | Waktu siklus yang layak (detik) |
|--------------|---------------------------------|
| 2 fase       | 40 – 80                         |
| 3 fase       | 50 – 100                        |
| 4 fase       | 80 - 130                        |

### Metode kalibrasi dan validasi

Pada pemodelan lalulintas seperti *software* Vissim, diperlukan adanya kalibrasi serta validasi agar simulasi yang dibuat menunjukkan hasil yang sama dengan kondisi sebenarnya. Yulianto dan Setiono (2013) menjelaskan kalibrasi adalah proses menyesuaikan parameter untuk mendapatkan kesesuaian antara nilai simulasi dan data yang diamati. Sedangkan validasi berkaitan dengan penentuan apakah secara konseptual model simulasi dapat

merepresentasikan pemodelan secara akurat. Sebuah model dikatakan valid jika keluaran data yang dihasilkan dari model tersebut mendekati hasil dari kejadian aktual dalam sistem.

Metode validasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan Uji GEH untuk arus lalu lintas dan uji MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) untuk panjang antrian. GEH adalah singkatan dari Geoffrey E. Havers yaitu nama dari penemu rumus tersebut. Rumus GEH pada persamaan 3 dibawah ini memiliki ketentuan khusus dari nilai eror yang dihasilkan seperti ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{simulated} - q_{observed})^2}{0,5 \times (q_{simulated} + q_{observed})}} \quad (3)$$

dimana,

q = volume lalu lintas (kendaraan/jam).

Tabel 2. Standar Perhitungan Persamaan GEH

| GEH < 5,0        | Diterima  |
|------------------|---|
| 5,0 ≤ GEH ≤ 10,0 | Peringatan : kemungkinan model eror atau data buruk |
| GEH > 10,0       | Ditolak   |

Sumber : Putri (2015)

Pada validasi panjang antrian, uji statistik yang digunakan adalah MAPE. Uji MAPE adalah model perhitungan nilai error dengan cara menghitung selisih antara nilai simulasi dengan nilai aktual yang selanjutnya diabsolutkan dan kemudian dihitung dalam bentuk persentase terhadap data asli.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \quad (4)$$

dimana,

n = banyaknya data,

A<sub>t</sub> = data lapangan,

F<sub>t</sub> = data model simulasi.

Menurut Chang et al (2007) penilaian suatu model menggunakan metode MAPE dibagi ke dalam 4 kategori seperti pada tabel 3 di bawah ini. Semakin kecil nilai MAPE menunjukkan bahwa tingkat kesalahan pada model semakin kecil atau mendekati keadaan sebenarnya.

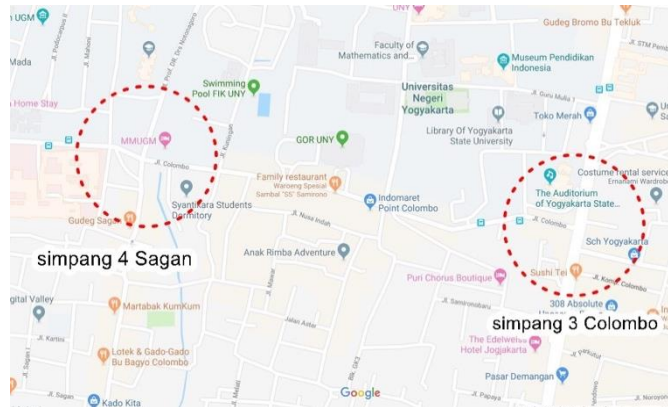
Tabel 3. Standar Nilai MAPE

| Nilai MAPE | Status      |
|------------|-------------|
| < 10%      | Sangat baik |
| 10% - 25%  | Baik        |
| 25% - 50%  | Cukup Baik  |
| > 50%      | Buruk       |

Sumber : Chang et al (2007)

### Tahap penelitian

Dalam penelitian ini, simpang yang ditinjau adalah simpang 3 Colombo dan simpang 4 Sagan yang mana merupakan dua simpang padat lalu lintas dan merupakan simpang yang terbanyak dilalui oleh trayek Trans Jogja. Pergerakan pada simpang tersebut sangat padat terutama pada jam sibuk. Gambar 1 di bawah ini menunjukkan peta lokasi penelitian.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

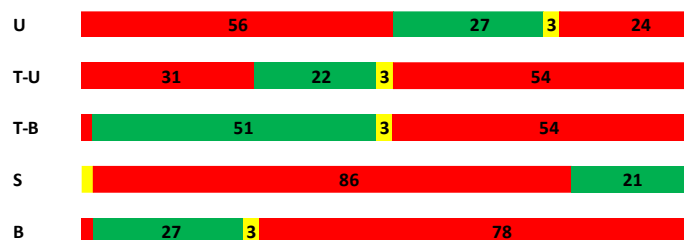
Penelitian ini dimulai dengan pengamatan lapangan dan melakukan survei *traffic counting*, analisis dan pemodelan menggunakan *software* VISSIM pada kondisi eksisting. Setelah analisis, model pada Vissim kemudian di kalibrasi dan validasi hingga model menyerupai kondisi sebenarnya. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menemukan waktu sinyal optimal pada kedua simpang sebagai bahan input untuk simulasi kondisi optimasi. Kemudian hasil kinerja simpang kondisi eksisting dan kondisi optimasi dapat dibandingkan.

### Waktu sinyal eksisting

Data sinyal lalu lintas pada kedua simpang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan menggunakan *stopwatch* untuk mendapatkan waktu hijau, kuning, dan merah. Waktu siklus di simpang Colombo sebesar 167 detik dengan 3 fase dan waktu siklus simpang Sagan sebesar 110 detik dengan 4 fase. Fase sinyal kedua simpang dapat dilihat pada gambar 2 dan 3 di bawah ini.



Gambar 2. Diagram Fase Sinyal Lalu lintas Simping Colombo



Gambar 3. Diagram Fase Sinyal Lalu lintas Simping Sagan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kalibrasi dan validasi

Proses kalibrasi dalam *software* Vissim dilakukan dengan mengubah sejumlah nilai parameter pada menu *driving behavior* secara *trial and error* hingga didapatkan arus lalulintas dan panjang antrian hasil simulasi yang mendekati kondisi di lapangan. Arus hasil simulasi Vissim dari masing-masing kalibrasi kemudian divalidasi menggunakan GEH. Berikut adalah hasil kalibrasi dan validasi yang ditunjukkan pada tabel 4 dan tabel 5. Uji GEH mensyaratkan nilai yang dikatakan valid adalah jika nilai GEH < 5.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Uji GEH untuk Arus Lalulintas

| Ruas Jalan              | Nilai GEH |         |         |         |         |         |         |
|-------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                         | Default   | Trial 1 | Trial 2 | Trial 3 | Trial 4 | Trial 5 | Trial 6 |
| Utara simpang Sagan     | 9.11      | 0.04    | 2.68    | 4.05    | 4.08    | 4.05    | 4.18    |
| Utara simpang Colombo   | 40.89     | 13.99   | 8.12    | 3.86    | 3.83    | 3.66    | 3.12    |
| Selatan simpang Colombo | 32.06     | 12.24   | 7.05    | 0.49    | 0.27    | 0.29    | 0.25    |
| Selatan simpang Sagan   | 21.33     | 3.60    | 3.37    | 2.94    | 2.94    | 2.96    | 2.98    |
| Barat simpang Sagan     | 41.49     | 13.47   | 6.90    | 4.73    | 4.77    | 4.80    | 4.75    |

Tabel 5. Hasil Kalibrasi dan Validasi Arus Lalulintas pada trial ke 6

| Ruas Jalan              | Arus Kendaraan (kendaraan) |        | selisih (kendaraan) | Nilai GEH |
|-------------------------|----------------------------|--------|---------------------|-----------|
|                         | Observasi                  | Vissim |                     |           |
| Utara simpang Sagan     | 764                        | 884    | 120                 | 4.18      |
| Utara simpang Colombo   | 3852                       | 3661   | 191                 | 3.12      |
| Selatan simpang Colombo | 1998                       | 2009   | 11                  | 0.25      |
| Selatan simpang Sagan   | 2444                       | 2299   | 145                 | 2.98      |
| Barat simpang Sagan     | 3318                       | 3050   | 268                 | 4.75      |

Pada percobaan ke 3 hingga ke 6, nilai GEH berada dibawah 5 yang menunjukkan bahwa model diterima berdasarkan arus lalulintasnya. Untuk memperoleh data yang akurat, dilakukan juga kalibrasi dan validasi atas panjang antrian yang telah diukur sebelumnya pada simpang Colombo. Validasi menggunakan metode MAPE untuk menguji kebenaran data panjang antrian. Berikut ini merupakan validasi hasil uji MAPE untuk panjang antrian pada beberapa kali trial yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Uji MAPE untuk Panjang Antrian

| Lengan Simpang | Nilai MAPE |         |         |         |         |         |         |
|----------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                | Default    | Trial 1 | Trial 2 | Trial 3 | Trial 4 | Trial 5 | Trial 6 |
| Utara          | 398.03     | 329.83  | 242.92  | 68.94   | 51.56   | 48.30   | 12.46   |
| Selatan        | 365.22     | 307.25  | 275.60  | 64.06   | 40.64   | 34.12   | 21.54   |
| Barat          | 325.81     | 335.59  | 325.31  | 89.36   | 49.00   | 33.39   | 18.17   |

Pada trial 4 dan 5 menunjukkan model sudah cukup baik karena nilai MAPE berada pada interval 25%-50%. Uji MAPE menunjukkan presentase akurasi peramalan, semakin rendah

nilainya, maka model peramalannya semakin baik dengan batas nilai maksimal < 50%. Pada trial ke 6 model dinyatakan baik sebagaimana nilai MAPE berada pada interval 10%-25%. Sehingga, di simpulkan untuk kalibrasi terbaik berdasarkan validasi dengan nilai uji GEH dan MAPE yang memenuhi kriteria adalah pada kondisi trial ke 6.

### Analisis kondisi eksisting

Setelah dilakukan beberapa kali kalibrasi dan validasi, maka kinerja simpang juga didapatkan dari simulasi. Kinerja simpang berupa panjang antrian dan tundaan mengacu pada hasil yang keluar dari *software* Vissim. Berikut ini adalah panjang antrian dan tundaan pada masing-masing pendekat simpang yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Tundaan dan Panjang Antrian pada Kondisi Eksisting

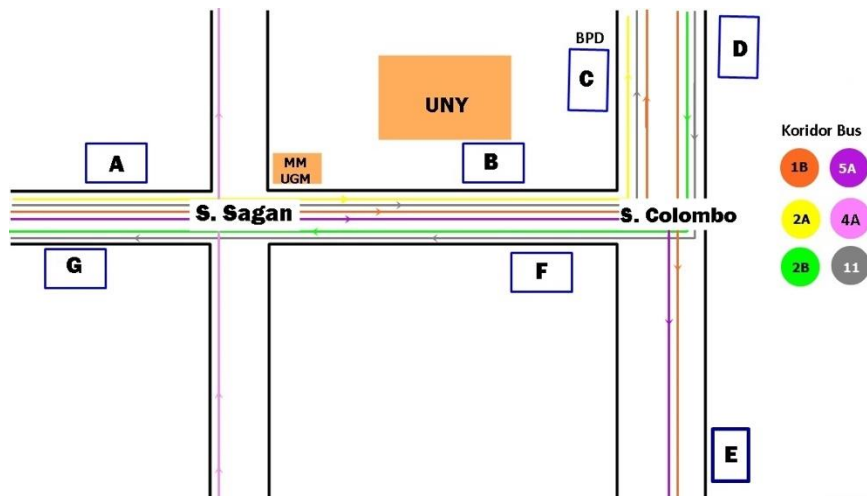
| Simpang | Pendekat      | Tundaan rata-rata<br>(detik) | Panjang Antrian<br>(meter) |
|---------|---------------|------------------------------|----------------------------|
| Colombo | Utara-Barat   | 47.94                        | 34.8                       |
|         | Utara-Selatan | 27.09                        | 27.19                      |
|         | Selatan       | 68.95                        | 33.54                      |
|         | Barat         | 50.02                        | 18.81                      |
| Sagan   | Utara         | 40.62                        | 14.49                      |
|         | Timur-Utara   | 41.79                        | 13.19                      |
|         | Timur-Barat   | 27.51                        | 14.15                      |
|         | Selatan       | 41.53                        |                            |
|         | Barat         | 41.63                        |                            |

Dari tabel di atas, terlihat di Barat simpang Colombo memiliki panjang antrian terbesar. Namun, tundaan terbesar terjadi pada pendekat selatan. Hal ini terjadi karena waktu hijau lengan selatan sangat kecil yaitu 30 detik dengan total waktu siklus sebesar 167 detik. Nilai tundaan pada lengan simpang berbanding terbalik dengan waktu hijau pada lengan simpang tersebut. Semakin lama waktu hijau pada suatu lengan simpang, maka nilai tundaan akan semakin rendah. Pada simpang Sagan dari arah timur ke barat memiliki tundaan paling kecil. Hal ini disebabkan oleh lamanya waktu hijau, yaitu sebesar 50 detik dari total waktu siklus 110 detik. Pada pendekat lainnya, tundaan yang terjadi hampir sama yaitu sekitar 40 detik.

Pada Tabel 7 juga menunjukkan nilai panjang antrian di kedua simpang. Pada simpang Colombo sebelah selatan memiliki panjang antrian yang paling kecil walaupun waktu hijau pada lengan simpang tersebut sangat singkat. Pada pendekat utara simpang Sagan memiliki panjang antrian terbesar yaitu hampir 20 meter yang terjadi karena lebar pendekat sisi utara hanya sebesar 3 meter. Untuk pendekat lainnya, panjang antrian yang terjadi tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Pada simpang Sagan yang memiliki arus yang sedikit lebih rendah dari simpang Colombo, namun lebar pendekat yang cukup besar di beberapa lengan, sehingga panjang antrian yang terjadi 50% lebih kecil dari simpang Colombo.

Selain parameter tersebut, dilakukan juga pengamatan terhadap waktu tempuh dari halte ke halte yang berada di sekitar lokasi penelitian. Parameter ini nantinya sebagai acuan untuk melihat apakah optimasi waktu sinyal dapat menurunkan waktu tempuh bus Trans Jogja

yang melewati simpang tersebut. Untuk memperjelas ilustrasi lokasi halte pada simpang yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Letak Halte di Sekitar Simpang Colombo dan Simpang Sagan

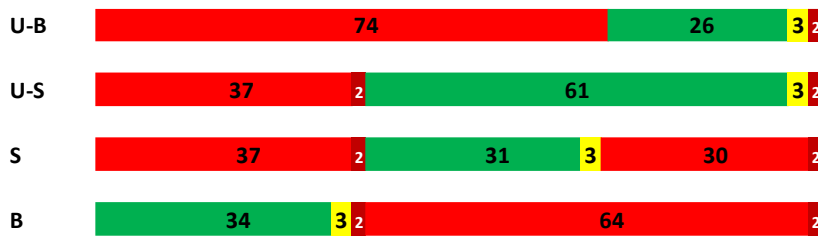
Mengacu pada tabel 8 dan gambar 4, rute bus yang melewati simpang Sagan yaitu dari halte A menuju halte B dan dari halte F menuju halte G. Untuk rute yang melewati simpang Colombo yaitu B-C, D-F, D-E dan B-E. Sedangkan dari A menuju C dan dari halte D menuju G harus melewati kedua simpang.

Tabel 8. Waktu Tempuh Rata-rata Trans Jogja pada Kondisi Eksisting

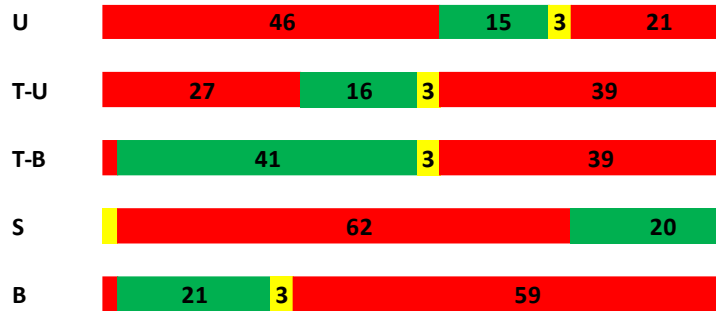
| No. | Halte Bus |        | Waktu tempuh rata-rata (detik) | Jarak (meter) |
|-----|-----------|--------|--------------------------------|---------------|
|     | Asal      | Tujuan |                                |               |
| 1   | A         | B      | 181.63                         | 950           |
| 2   | A         | C      | 254.09                         | 1400          |
| 3   | B         | C      | 64.21                          | 500           |
| 4   | D         | F      | 111.59                         | 450           |
| 5   | D         | G      | 279.25                         | 1400          |
| 6   | F         | G      | 177.03                         | 1000          |
| 7   | D         | E      | 209.27                         | 800           |
| 8   | B         | E      | 204.65                         | 700           |

### Waktu fase optimal

Optimasi siklus yang dilakukan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Mengacu pada persamaan 1 dan 2, diperoleh waktu siklus optimum pada simpang Colombo dan simpang Sagan berturut-turut sebesar 105 detik dan 85 detik. Gambar 5 dan 6 dibawah ini menunjukkan diagram fase sinyal lalu lintas pada kedua simpang setelah optimasi.



Gambar 5. Diagram Fase Sinyal Optimum Simpang Colombo



Gambar 0.1 Diagram Fase Sinyal Optimum Simpang Sagan

Selanjutnya fase sinyal di atas dimasukkan sebagai bahan input ke dalam *software* Vissim yang telah dikalibrasi dan validasi. Setelah simulasi dijalankan, hasil kinerja simpang waktu tempuh bus Trans Jogja dari penerapan optimasi waktu sinyal dapat dilihat pada subbab selanjutnya.

### Analisis optimasi waktu sinyal

Berdasarkan kondisi eksisting dan optimasi waktu sinyal yang telah dilakukan, hasil dari kinerja simpang dan waktu tempuh bus Trans Jogja dapat dibagi ke dalam beberapa sub-subbab di bawah ini.

#### 1. Tundaan

Tundaan kendaraan yang terjadi pada tiap lengan simpang menunjukkan tundaan rata-rata selama satu jam simulasi. Untuk lebih jelasnya, tundaan yang terjadi pada kondisi eksisting dan penerapan bus priority, dapat dilihat pada tabel 9 di bawah ini.

Tundaan yang terjadi pada optimasi simpang mengalami penurunan di semua pendekat simpang, kecuali pada lengan utara simpang Colombo dan lengan utara simpang Sagan. Kenikan sebesar 5.56 detik terjadi pada utara simpang Colombo dan 1,41 detik pada simpang Sagan sebelah utara. Walaupun demikian, optimasi waktu sinyal pada simpang mampu menurunkan nilai tundaan hingga 15,41 detik pada selatan simpang Sagan. Penurunan nilai tundaan terbesar hingga lebih dari 50% terjadi pada simpang Colombo sebelah selatan yaitu 38.19 detik.



Tabel 9. Perbandingan Tundaan Kondisi Eksisting dan Optimasi Waktu Sinyal

| Simpang | Pendekat      | Tundaan Rata-rata (detik) |          |
|---------|---------------|---------------------------|----------|
|         |               | Eksisting                 | Optimasi |
| Colombo | Utara-Barat   | 47.94                     | 53.5     |
|         | Utara-Selatan | 27.09                     | 21.34    |
|         | Selatan       | 68.95                     | 30.76    |
|         | Barat         | 50.02                     | 37.79    |
| Sagan   | Utara         | 40.62                     | 42.03    |
|         | Timur-Utara   | 41.79                     | 37.69    |
|         | Timur-Barat   | 27.51                     | 20.32    |
|         | Selatan       | 41.53                     | 26.12    |
|         | Barat         | 41.63                     | 30.66    |

### Panjang antrian

Kinerja simpang lainnya dapat ditinjau adalah perbandingan panjang antrian. Panjang antrian tersebut adalah panjang antrian rata-rata yang terjadi di setiap lengan di simpang Colombo dan simpang Sagan yang ditunjukkan pada tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10. Perbandingan Panjang Antrian Kondisi Eksisting dan Optimasi Waktu Sinyal

| Simpang | Pendekat | Panjang Antrian (meter) |          |
|---------|----------|-------------------------|----------|
|         |          | Eksisting               | Optimasi |
| Colombo | Utara    | 112.06                  | 35.78    |
|         | Selatan  | 76.79                   | 13.32    |
|         | Barat    | 119.99                  | 24.43    |
| Sagan   | Utara    | 87.9                    | 9.57     |
|         | Timur    | 68.02                   | 11.31    |
|         | Selatan  | 42.71                   | 8.76     |
|         | Barat    | 48.98                   | 11.85    |

Terlihat jelas bahwa dengan waktu sinyal yang optimal, panjang antrian yang terjadi pada kedua simpang mengalami penurunan yang sangat signifikan. Panjang antrian yang terjadi rata-rata mengalami penurunan lebih dari 50% dari panjang antrian pada kondisi eksisting. Penurunan terbesar pada pendekat utara simpang Sagan yaitu menurun sekitar 85% menjadi 9,57 meter dari kondisi eksisting sepanjang 87,9 meter.

### Waktu tempuh bus Trans Jogja

Waktu tempuh bus Trans Jogja dari halte ke halte ini digunakan sebagai tinjauan apakah waktu yang dibutuhkan bus bisa menurun seiring dengan optimasi waktu sinyal yang sudah dilakukan. Perbandingan waktu tempuh bus dapat dilihat pada tabel 11 di bawah ini.

Tabel 11. Waktu Tempuh Trans Jogja Kondisi Eksisting dan Optimasi Waktu Sinyal

| No. | Halte Bus |        | Waktu Tempuh Rata-rata (detik) |        | Selisih (detik) |
|-----|-----------|--------|--------------------------------|--------|-----------------|
|     | Asal      | Tujuan | Eksisting                      | TSP    |                 |
| 1   | A         | B      | 181.63                         | 166.93 | 14.7            |
| 2   | A         | C      | 254.09                         | 237.26 | 16.83           |
| 3   | B         | C      | 64.21                          | 60.61  | 3.6             |
| 4   | D         | F      | 111.59                         | 81.94  | 29.65           |
| 5   | D         | G      | 279.25                         | 248.17 | 31.08           |
| 6   | F         | G      | 177.03                         | 158.97 | 18.06           |
| 7   | D         | E      | 209.27                         | 97.54  | 111.73          |
| 8   | B         | E      | 204.65                         | 94.79  | 109.86          |

Optimasi simpang juga menurunkan waktu tempuh bus Trans Jogja yang melewati kedua simpang tersebut. Dari halte D ke halte E yang mana melewati simpang Colombo, mengalami penurunan waktu tempuh yang paling besar yaitu dengan selisih lebih dari 1 menit dari kondisi eksisting. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi waktu sinyal pada simpang Colombo sangat efisien jika diterapkan. Dari halte B menuju halte C tidak hanya menurun sekitar 3,6 detik disebabkan arah dari B ke C adalah belok kiri langsung yang mana arus dari halte B dapat langsung menuju C tanpa mengalami tundaan di simpang.

Bus yang melewati simpang Sagan dan mengalami penurunan waktu tempuh terbesar adalah dari halte F menuju halte G yaitu 18.06 detik. Walaupun penurunan yang terjadi pada simpang Sagan tidak sebesar yang terjadi di simpang Colombo, optimasi waktu sinyal ini dapat diajukan sebagai manajemen lalulintas di masa mendatang.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, optimasi waktu sinyal di kedua simpang mampu memberikan dampak positif terhadap kinerja simpang dan kinerja angkutan umum. Nilai tundaan yang terjadi dapat menurun 50% dari kondisi eksisting. Panjang antrian juga mengalami penurunan yang cukup signifikan hingga 85% dari kondisi sebelum dilakukannya optimasi sinyal lalulintas. Kinerja bus Trans Jogja pun semakin baik seiring dengan menurunnya waktu tempuh yang terjadi ketika bus melewati kedua simpang tersebut setelah dilakukan optimasi sinyal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chang, P.C, et al. 2007. The Development of a Weighted Evolving Fuzzy Neural Network for PCB Sales Forecasting. *Expert System with Applications*, Vol 32, hal. 86-96.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta
- Munawar, A. 2004. *Manajemen Lalu Lintas Perkotaan*. Yogyakarta : Beta Offset
- Putri, N.H. 2015. *Kalibrasi Vissim untuk Mikrosimulasi Lalu Lintas Tercampur pada Simpang Bersinyal*. Yogyakarta : Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada.
- Yulianto, B dan Setiono. 2013. *Kalibrasi dan Validasi Mixed Traffic Viissim Model*. Surakarta : Media Teknik Sipil