

# Optimasi *Delay Time Bus Rapid Transit* Pada Persimpangan Jalan Dengan Model *Queue Discharging Time*

Ridwan Syarif Setiawan

readwan89@gmail.com  
Teknik Elektro Universitas  
Brawijaya, Malang, Indonesia.

M Aziz Muslim

muh\_aziz@ub.ac.id  
Teknik Elektro, Universitas  
Brawijaya, Malang, Indonesia.

Agus Naba

anaba@ub.ac.id  
Teknik Elektro, Universitas  
Brawijaya, Malang, Indonesia.

## Abstrak

Penelitian ini mengajukan sebuah sistem untuk optimasi layanan transportasi publik saat melewati persimpangan jalan, studi kasus dilakukan pada simpang samsat Bandung. Optimasi dilakukan untuk mengetahui *delay time bus* menggunakan metode *queue discharging time* dan objek penelitian yaitu *bus rapid transit* kota Bandung. Penelitian terbagi menjadi dua langkah utama: *delay time* model dan kontrol. Berdasarkan hasil dua variabel *delay time* dilakukanlah perbandingan nilai optimal, sehingga hasil penelitian diperoleh optimasi *delay time* model dengan pendekatan *queue discharging time* pada simpang samsat Bandung yaitu 50,5%.

**Kata Kunci** — *Delay time, Queue Discharging Time, Bus Rapid Transit.*

## Abstract

This study proposed a system for the optimization of public transport services at an intersection, a case study carried out at intersection of samsat Bandung. Optimization is performed to determine bus delay time using queue discharging time method and the object of this study is bus rapid transit Bandung. The study is divided into two main steps: delay-time model and control. Based on the results of two delay time variables, comparison of optimal values are performed. Results show that by using queue discharging time approach, the delay time is optimized at 50.5% rate.

**Keywords** — *Delay time, Queue Discharging Time, Bus Rapid Transit.*

## I. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan salah satu elemen yang sangat penting bagi kebutuhan manusia untuk menunjang kehidupan perekonomian di masyarakat [1].

Salah satu faktor penting dalam usaha menuju sistem prasarana transportasi yang baik adalah kemampuan kinerja jalan, khususnya kinerja simpang sebagai salah satu bagian dari sistem jalan secara keseluruhan [2].

Permasalahan kemacetan dan antrian di kota-kota besar pada umumnya terjadi pada persimpangan [3]. Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Perhubungan Kementerian Perhubungan Elly Adriani Sinaga mengatakan, solusi untuk mengurai kemacetan yaitu dengan mengurangi penggunaan kendaraan pribadi dan mengoptimalkan angkutan umum

massal. Perbaikan transportasi publik, melengkapi fasilitas di permukiman untuk meminimalkan pergerakan orang [4].

Maka pada 22 Desember 2004 Pemerintah kota Bandung bekerja sama dengan Dirjen Perhubungan Darat RI memiliki rencana untuk mengatasi kemacetan kota Bandung yaitu dengan pengadaan *bus rapid transit* (BRT) yang lebih dikenal oleh masyarakat kota Bandung dengan Trans Metro Bandung (TMB).

Namun dalam pelaksanaan pengembangan TMB banyak ditemui berbagai kendala dan permasalahan. TMB yang dioperasikan dengan kondisi lalu lintas *mixed traffic* (bercampurnya kendaraan pribadi dan umum dalam satu jalan, tidak ada pembagian jalur khusus) mengakibatkan terjadinya keterlambatan bus pada jam-jam sibuk, terutama pada saat bus akan melewati persimpangan jalan. Maka perlu dilakukan suatu optimasi terhadap lalu lintas khususnya simpang samsat Bandung untuk menyelesaikan masalah tersebut.

## II. DATA

Dalam pemodelan *bus delay time*, pengambilan data terbagi menjadi dua kategori yaitu data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan survei di persimpangan jalan samsat Bandung pada saat kondisi padat, dimana variabel yang diamati yaitu arus lalu lintas, pewaktuan sinyal lampu lalu lintas, kecepatan kendaraan, volume arus lalu lintas dan panjang antrian kendaraan. Data sekunder berupa status *bus rapid transit* yang diperoleh secara *remote desktop* melalui server milik dinas perhubungan.

## III. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini terdapat beberapa langkah yang dilakukan dapat dilihat pada Gbr. 1. Metodologi yang digunakan meliputi *preparation, data collection, development, implementasi, testing* dan analisa hasil.

### A. Preparation

*Preparation* merupakan tahap mengkaji permasalahan yang akan diangkat dalam perancangan model, menentukan variabel utama sebagai dasar penyelesaian permasalahan melalui analisis kebutuhan, perancangan dan implementasi model prediksi *bus delay time* pada persimpangan jalan. Tahap definisi masalah dilakukan dengan mengkaji literatur

penelitian terkait. Adapun literatur penelitian terkait yang dikaji yaitu rekayasa lalu lintas, diantaranya membahas suatu model rekayasa lalu lintas kota Yogyakarta menggunakan aplikasi Vissim [5] dan penelitian analisa arus jenuh dan panjang antrian pada simpang bersinyal [6].

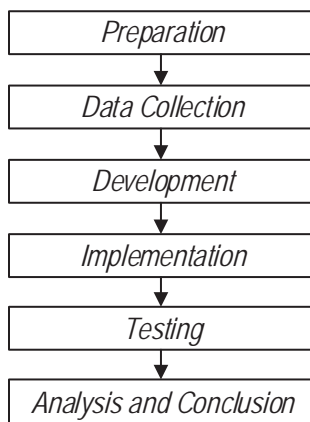
### B. Data Collection

*Data collection* pada penelitian ini terbagi menjadi dua kategori yaitu data primer dengan melakukan survei dan sekunder secara *remote desktop*.

Perolehan data dengan metode survei dimulai dengan mencatat secara manual kejadian lapangan pada sebuah angket formulir, dimana variabel yang diamati yaitu jenis kendaraan dan detail geometrik simpang.

Survei *volume* lalu lintas bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang jumlah dan pergerakan kendaraan keluar dan masuk pada suatu lahan atau tempat. Pada penelitian ini, kegiatan survei dilakukan dengan *Classified Traffic Counting (CTC)* yaitu survei dilakukan dengan mengamati jenis kendaraan dan menghitung jumlah kendaraan yang keluar masuk pada suatu lahan dengan interval atau periode tertentu, dengan mengabaikan asal tujuan semata-mata menghitung kendaraan yang keluar masuk pada lahan tersebut [7].

Kecepatan kendaraan merupakan parameter utama yang terdapat pada sebuah jalan. Data kecepatan kendaraan diperoleh dengan teknik *journey speed* yaitu salah satu tahapan dari survei ketika kecepatan efektif kendaraan yang sedang dalam perjalanan antara 2 tempat, jarak antara 2 tempat dibagi waktu tempuh antara 2 tempat tersebut. Waktu tempuh ini termasuk setiap waktu berhenti yang ditimbulkan oleh hambatan lalu lintas [8].



Gbr. 1 Blok diagram penelitian

*Remote desktop* yaitu sebuah aplikasi yang memberikan hak akses untuk melakukan monitoring kinerja alat dari jarak jauh. Informasi berupa status *bus rapid transit* diperoleh dengan mengunduh dari *server* dinas perhubungan, dimana variabel yang diamati yaitu posisi bus dalam satuan derajat koordinat dan kecepatan bus.

### C. Development

Setelah variabel dan data utama diperoleh, tahap selanjutnya yaitu membangun konsep model. Pada tahap ini terbagi menjadi dua yaitu *processing data* dan *actual delay time*.

*Processing data* dilakukan untuk mereduksi data status bus agar tidak terdapat *data redundancy*. Penelitian ini berfokus pada salah satu koridor yaitu Jatinangor-Elang disebuah persimpangan jalan bernama simpang samsat Bandung, dimana simpang ini dilalui oleh bus koridor Jatinangor-Elang dan sebaliknya. Reduksi data dilakukan dengan memfilter data mentah yang telah diunduh, ditujukan pada bus rute koridor Jatinangor-Elang sebagai data utama. Adapun variabel yang diambil dari hasil reduksi data yaitu pemilihan nomor bus yang aktif dan simpang berikutnya. Pemilihan nomor bus yang aktif dilakukan dengan mengamati kategori kecepatan dan simpang berikutnya, bila kedua kategori tersebut bernilai kosong (0) atau garis (-) menandakan bahwa bus tidak aktif.

Hasil reduksi data selanjutnya akan digunakan pada pemodelan simulasi jaringan jalan menggunakan *software* PTV Vissim 7.

*Actual delay time* merupakan tahap untuk memperoleh nilai yang akan digunakan sebagai pembanding (kontrol) dari hasil pemodelan. Nilai *actual delay time* diperoleh melalui beberapa langkah, yaitu dengan mengetahui *road capacity*, *degree of saturation* dan *delay time*.

*Road capacity* atau kapasitas sebuah jalan, dapat diketahui dengan persamaan 1.

$$C = C_0 * FC_W * FC_{SP} * FC_{SF} * FC_{CS} \quad (1)$$

Dimana,  $C$  merupakan kapasitas jalan dengan satuan smp (satuan mobil penumpang)/jam.  $C_0$  yaitu kapasitas dasar jalan dengan satuan smp/jam,  $FC_W$  faktor koreksi lebar jalan,  $FC_{SP}$  faktor koreksi pembagian arah jalan,  $FC_{SF}$  faktor koreksi gangguan samping jalan,  $FC_{CS}$  faktor koreksi ukuran kota.  $C_0$ ,  $FC_W$ ,  $FC_{SP}$ ,  $FC_{SF}$  dan  $FC_{CS}$  merupakan parameter dalam satuan konstanta yang telah ditetapkan pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia.

Satuan mobil penumpang (smp) merupakan suatu ukuran yang menunjukkan ruang jalan yang dipergunakan oleh suatu jenis kendaraan serta kemampuan manuver kendaraan tersebut [9].

*Degree of saturation* atau tingkat kejenuhan suatu jalan dapat diketahui dengan persamaan 2.

$$DS = \frac{V}{C} \quad (2)$$

Setelah diketahui  $C$  kapasitas jalan pada persamaan 1, maka  $V$  yaitu *volume* lalu lintas diperoleh dari hasil survei pada tahap *data collection* dalam satuan smp/jam dan  $DS$  yaitu *degree of saturation* dalam bentuk konstanta. Kategori suatu jalan perlu dilakukan rekayasa lalu lintas, bila  $V/C > 0,75$ .

*Delay time* yaitu waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang. Tundaan terdiri dari tundaan lalu lintas yaitu waktu menunggu yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dan tundaan geometri yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang menikung

disimpangan dan atau yang terhenti karena lampu lalu lintas. *Delay time* dapat diketahui dengan persamaan 3.

$$DT = c * A + \left( \frac{NQ_1 * 3600}{C} \right) \quad (3)$$

Dimana *DT delay time* atau tundaan lalu lintas dalam satuan detik/smp, *c* waktu siklus (detik), *NQ<sub>1</sub>* jumlah satuan mobil penumpang yang tersisa dari fase hijau sebelumnya dan *A* merupakan konstanta pengali yang diperoleh dari persamaan 4.

$$A = \frac{0.5 * 1 - GR^2}{1 - GR * DS} \quad (4)$$

*GR* yaitu rasio hijau dengan *g* yaitu waktu hijau, diperoleh dengan persamaan 5.

$$GR = \frac{g}{c} \quad (5)$$

Hasil perhitungan *delay time* selanjutnya akan digunakan sebagai pembanding dari hasil pemodelan pada tahap analisa dan keimpulan.

### J. Implementation

*Implementation* merupakan tahap membangun model simulasi persimpangan jalan samsat Bandung dengan *software* PTV Vissim 7. Proses membangun model simulasi jaringan jalan dimulai dengan mengambil gambar peta simpang samsat Bandung berupa citra udara dari *software google earth*, yang akan digunakan sebagai acuan dalam memodelkan jaringan simpang.

Setelah membangun model jaringan jalan, tahap selanjutnya yaitu mendefinisikan jumlah kendaraan, jenis kendaraan, *driving behavior* dan *traffic signaling*.

Untuk mengetahui hasil berupa nilai *delay time* dan panjang antrian, dalam PTV Vissim 7 terdapat fitur *evaluation* yang selanjutnya akan didefinisikan pada area yang akan diamati pada model simulasi.



Gbr. 2 Citra udara simpang Samsat Bandung

### K. Testing

Pada tahap ini, model jaringan jalan dilakukan uji simulasi dengan menjalankan (*running simulation*). Uji simulasi dijalankan selama 3\*3600 detik dengan penambahan waktu simulasi selama 900 detik sebagai data pemanasan awal simulasi agar kendaraan memenuhi jaringan simulasi.

Hasil atau *output* dari simulasi akan keluar setelah waktu yang ditetapkan habis. Dalam mengetahui *delay time* model

simulasi, pada penelitian ini *delay time* diketahui dengan pendekatan *queue discharging time* persamaan 6.

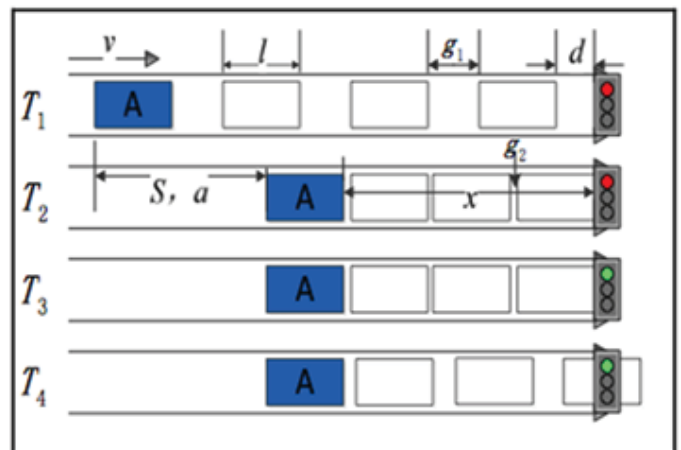
$$t = t_0 - \frac{2d}{v} + \left[ \frac{t_d}{l + g_2} - \frac{2g_1}{(l + g_2)v} \right] x \quad (6)$$

Persamaan *queue discharging time* diperoleh dari proses terbentuknya antrian (*queue forming*) dan proses keluarnya antrian (*queue discharging*) yang dijelaskan pada gambar 2.

Pada gambar 2, bus diberi nama A tiba pada akhir antrian dan mengalami waktu berhenti (*stop delay*) *t* pada persimpangan jalan. Jumlah kendaraan di depan A yaitu *k*.

*T<sub>1</sub>* : Keadaan pada saat fase merah dimulai. Kecepatan kendaraan melambat hingga antrian kendaraan terdepan. Jarak antara *stop line* persimpangan dan kendaraan pertama yaitu *d*. Jarak antar kendaraan *g<sub>1</sub>* diasumsikan konstan karena kedatangan secara seragam. Rata-rata panjang kendaraan *l*. kecepatan kendaraan *v* pada saat *T<sub>1</sub>*.

*T<sub>2</sub>* : Waktu berhenti kendaraan A. kecepatan A melambat dari *T<sub>1</sub>* ke *T<sub>2</sub>* dengan akselerasi *a*. Jarak perpindahan dari *T<sub>1</sub>* ke *T<sub>2</sub>* yaitu *S*. Jarak antara kendaraan yang berhenti *g<sub>2</sub>* lebih kecil dari *g<sub>1</sub>*. Jarak antara kendaraan A dengan *stop line* diasumsikan *x*.



Gbr. 3 Queue forming dan discharging

*T<sub>3</sub>*: Keadaan fase hijau dimulai. Kendaraan mulai melewati persimpangan satu persatu. Rata-rata interval waktu kendaraan bergerak yaitu *t<sub>d</sub>*. Kendaraan A tetap pada posisi.

*T<sub>4</sub>*: Waktu saat kendaraan A akan bergerak.

### L. Analysis and Conclusion

Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian. Hasil perhitungan pada tahap *development* dan *running simulation* pada tahap *testing*, selanjutnya dilakukan analisa terhadap tingkat akurasi dengan membandingkan *delay time* kontrol dan model menggunakan persamaan 7.

$$ratio = \left| \frac{t_2 - t_1}{t_1} \right| * 100\% \quad (7)$$

Dimana *t<sub>1</sub>* melambangkan nilai lama (*delay time* kontrol) atau awal dan *t<sub>2</sub>* melambangkan nilai baru atau sekarang (*delay time* model).

Efektifitas yaitu seberapa besar tingkat kelekatan *output* yang dicapai dengan *output* yang diharapkan dari sejumlah *input*. Dimana makin besar presentase target yang dicapai, makin tinggi efektifitasnya [10].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Road Capacity

Pada tahap ini nilai kapasitas aktual koridor pada jalan Jatinangor-Elang diperlukan untuk mengetahui tingkat kejenuhan jalan, sehingga dapat ditentukan apakah perlu untuk dilakukannya rekayasa lalu lintas atau tidak.

Terdapat beberapa parameter dalam menghitung kapasitas sebuah jalan yang dipaparkan pada bab 3, sub bab *development* pembahasan *road capacity*. Dimana nilai dari parameter tersebut telah ditetapkan dalam buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

Nilai diperoleh ketika kondisi hasil survei bertemu dengan parameter yang menyerupai atau mendekati, setiap parameter memiliki nilai dan kategori yang berbeda.

Tabel 1 merupakan hasil perhitungan kapasitas jalan koridor Jatinangor-Elang menggunakan persamaan 1, diperoleh nilai kapasitas aktual jalan koridor Jatinangor-Elang sebesar 2507 smp/jam.

TABEL I

HASIL PERHITUNGAN KAPASITAS JALAN KORIDOR JATINANGOR-ELANG

Parameter	Kondisi	Nilai
$C_r$	4/2 D	2900
$fL_{\text{gr}}$	3 meter	0.92
$fL_{\text{sl}}$	Rendah ( <i>low</i> )	0.96
$fL_{\text{sa}}$	Terdapat median / jalan satu arah	1
$fL_{\text{ca}}$	42000 penduduk	1.05
<b>Kapasitas aktual (smp/jam), <math>C</math></b>		<b>2507</b>

B. Degree of Saturation

Kapasitas suatu jalan berkaitan dengan tingkat kejenuhan, apabila kapasitas jalan melebihi ukuran yang seharusnya maka akan timbul antrian kendaraan.

Tingkat kejenuhan jalan koridor Jatinangor-Elang dapat diketahui dengan persamaan 2 sebagai berikut:

$$DS = \frac{V}{C} = \frac{5241}{2507} = 2.09$$

*Volume* lalu lintas diperoleh melalui survei yang dilakukan pada jam sibuk yaitu antara pukul 08.00 hingga 10.00 pagi pada hari kerja, sehingga diperoleh nilai kejenuhan jalan koridor Jatinangor-Elang yaitu 2.09.

Karena  $2.09 > 0.75$ , maka jalan koridor Jatinangor-Elang perlu dilakukan rekayasa lalu lintas.

C. Actual Delay Time

Setelah diketahui nilai derajat kejenuhan dari jalan koridor Jatinangor-Elang, tahap selanjutnya yaitu menghitung waktu tundaan dalam kondisi sebenarnya.

Waktu untuk satu siklus simpang Samsat *c* yaitu 408 detik dan waktu hijau *g* untuk jalan koridor Jatinangor-Elang yaitu 98 detik.

$$GR = \frac{g}{c} = \frac{98}{408} = 0.24$$

Diperoleh rasio hijau sebesar 0.24 dan tingkat kejenuhan yaitu 2.09, sehingga:

$$A = \frac{0.5 * 1 - GR^2}{1 - GR * DS} = \frac{0.5 * 1 - 0.24}{1 - 0.12} = 0.24$$

Maka,

$$DT = c * A + \left( \frac{NQ_1 * 3600}{C} \right) = 101.52$$

*Actual delay time* jalan koridor Jatinangor-Elang sebesar 101.52 detik/smp.

D. Testing

Pada tahap ini *running* model simulasi dilakukan selama 3\*3600 detik. Berdasarkan *running* simulasi diperoleh nilai variabel antar kendaraan yang dipaparkan pada tabel 2.

Rata-rata kecepatan kendaraan yang diamati dari hasil simulasi diperoleh sebesar 23 km/jam dan jarak antrian rata-rata yaitu 20 meter.

Maka nilai *delay time* berdasarkan hasil simulasi dapat dihitung menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

$$t = t_0 - \frac{2d}{v} + [4.60] * 20 = 50.2$$

Nilai *delay time* model jalan koridor Jatinangor-Elang diperoleh 50.2 detik/smp.

TABEL II

NILAI VARIABEL ANTAR KENDARAAN

Variabel	Nilai
$\alpha_i$	10 (meter)
$\beta_1$	5 (meter)
$\beta_2$	1 (meter)
$\lambda$	5 (meter)
$\lambda_c$	4 (second)

Pada perhitungan *delay time actual* sebelumnya diperoleh 101.52 detik/smp, untuk menganalisa tingkat optimasi nilai *delay time actual* dan model dilakukan perbandingan sebagai berikut:

TABEL III

NILAI DELAY TIME ACTUAL DAN MODEL

Actual delay time ( $t_1$ )	Delay time model ( $t_2$ )
101,52 detik/smp	50,2 detik/smp

$$ratio = \left| \frac{t_2 - t_1}{t_1} \right| * 100\% = \left| \frac{50.2 - 101.52}{101.52} \right| * 100\% = 50.5$$

Optimasi *delay time* dengan pendekatan model *queue discharging time* diperoleh sebesar 50.5%.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, optimasi terhadap *delay time* dipersimpangan Samsat Bandung dengan pendekatan model *queue discharging time* menggunakan *software* PTV Vissim 7 telah dilakukan dan diperoleh nilai optimasi sebesar 50.5%. Perhitungan *delay time* dilakukan untuk mengetahui keefektifan prioritas saat diterapkan pada persimpangan jalan. Karena ukuran panjang kendaraan atau antrian kendaraan nilainya bervariasi, maka kondisi menunggu kendaraan untuk dapat melewati persimpangan jalan dengan mengetahui panjang antrian atau jumlah kendaraan dinilai kurang efektif. Pengertian efektif secara umum menunjukkan sampai seberapa jauh tercapainya suatu tujuan yang terlebih dahulu ditentukan [11]. Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dapat dilakukan manajemen lalu lintas dengan integrasi antar simpang menggunakan metode *multi agent*.

## REFERENSI

- [1] Sujarto, D. 1985. Beberapa Pengertian Tentang Perencanaan Fisik. Jakarta. Brata Karya Askara.
- [2] Lumintang, G.Y.B., Lefrandt, L.I.R., Timboeleng, J.A., Manoppo, M.R.E. 2013. Kinerja Lalu Lintas Persimpangan Lengan Empat Bersignal (Studi Kasus: Persimpangan Jalan Walanda Maramis Manado). Jurnal Sipil Statik. 3 (1):202-208.
- [3] Nahdalina. 1998. Analisa Dampak Lalu Lintas. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota. ITB, Bandung. 9 (3).
- [4] Auliani, P.A. 2014. Jakarta, Bogor dan Bandung Kota Paling Rawan Macet. Tersedia online di <http://megapolitan.kompas.com>. Diakses senin oktober 2015.
- [5] Rahayu, G., Rosyidi, S.A.P., Munawar, A. 2009. Analisis Arus Jenuh dan Panjang Antrian pada Simpang Bersinyal: Studi Kasus di Jalan Dr. Sutomo-Suryopranoto, Yogyakarta. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. 12 (1):99-108.
- [6] Putri, N.H. 2015. Mikrosimulasi Mixed Traffic pada Simpang Bersinyal dengan Perangkat Lunak VISSIM. 18<sup>th</sup> FSTPT International Symposium, Unila.
- [7] Anonymous. 2003. Transport and Population Data Centre, Commercial Transport Study Classified Vehicle Count Study. NSW Department of Infrastructure, Planning and Natural Resources. Sydney.
- [8] Hobbs, F.D. 1995. Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- [9] Putranto, L.S. 2013. *Rekayasa Lalu-Lintas Edisi 2*. Jakarta: PT Indeks.
- [10] Herryanto, N., Gantini, T. 2009. *Pengantar Statistika Matematis*. Bandung, Yrama Widya.
- [11] Suntoyo, D. 2016. *Statistika Deskriptif dan Probabilitas*. Yogyakarta. CAPS.

