

Pengaruh Penerapan *Ramp Metering System* Terhadap Volume Lalu-lintas Jalan Bebas Hambatan Perkotaan *(Implementation effects of Ramp Metering System to the traffic Volume of Urban Highway)*

Debbie Asmarani, Sigit Priyanto, Muhammad Zuhdy Irawan

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakulti Teknik
Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika Kampus No. 2, Senolowo, Senuadi, Mlati
Sleman, Yogyakarta 55284
Email : debbie.asmarani@gmail.com; spriyanto2006@ugm.ac.id; zudhyirawan@ugm.ac.id

Abstrak - Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kondisi lalu lintas pada JBH (Jalan Bebas Hambatan), Jalan raya dan Gerbang tol dengan menganalisis model perubahan karakteristik volume lalu lintas setelah penerapan ETC (Electronic Toll Collection) dan Ramp Metering System pada Gerbang tol. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif. Jenis data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Selama observasi pada 5 jam puncak di Jl. MT Haryono dan Jalan Tol Jiur Cawang-Grogol arah Cawang, jam puncak terjadi pada pukul 17.30 - 18.30 WIB dengan volume lalu lintas sebanyak 8.072,1 SMP/Jam, dengan rincian Volume di Jalan Tol sebanyak 4008 SMP/Jam, Jl. MT. Haryono sebanyak 3132,1 SMP/Jam dan Gerbang tol sebanyak 932 SMP/Jam, ditemukan bahwa (1) Dominasi komposisi kendaraan selama 5 jam penelitian maupun jam puncak tidak ada perbedaan. (2) Pada JBH dan Gerbang tol didominasi oleh mobil Penumpang roda 4 sedangkan Jalan raya didominasi oleh sepeda motor. (3) Pada model tersebut, penerapan ETC pada Gerbang tol meningkatkan volume kendaraan di Jalan tol sebesar 9,71%. (4) Dari dua opsi penerapan Ramp Metering pada Vissim 8, pendekatan menggunakan Stop Sign mengurangi volume lalu lintas di Jalan Tol lebih banyak daripada menggunakan Signal dengan rate yang sama.

Kata Kunci: Freeway, Vissim 8, Volume lalu lintas, Ramp Metering System.

Abstract –wisdom of a law.

Keywords: Abd Al-

I. Pendahuluan

Penduduk Jakarta di siang hari mencapai 11.2 juta jiwa, namun turun menjadi 10.07 juta jiwa di malam hari, dengan kata lain ada 1.3 juta jiwa yang melakukan perjalanan komuter dari daerah sekitar Jakarta dengan tujuan utama bekerja, sekolah dan kursus. Komuter yang bekerja di Jakarta menduduki jumlah terbanyak yaitu sebanyak 85,47% atau 1,1 juta orang. Sementara, wilayah tujuannya adalah Jakarta Pusat, Jakarta Selatan dan Jakarta Utara yang menjadi pusat perkantoran dan pusat perdagangan [1]. Jakarta merupakan kota metropolitan yang memiliki beberapa daerah penyangganya yang biasa di sebut dengan Jabodetabek.

Agar dapat mencapai Jakarta dari daerah penyangganya Bodetabek (Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi) terdapat banyak opsi yang bisa di pilih, salah satunya melalui Jalan Bebas Hambatan (JBH). Berdasarkan lokasinya JBH terbagi menjadi JORR (Jakarta Outer Ring Road) dan IIUR (Jakarta Inner Urban

Road). JIUR seringkali dijadikan opsi terbaik untuk mempercepat mobilitas dan menghindari kemacetan di jalan raya, terlebih pada saat jam masuk dan pulang kerja di pagi dan sore hari.

Menjelang sore hari lalu lintas di JIUR cenderung padat, ditambah dengan tambahan kendaraan yang masuk ke JBH dari jalan raya. Apabila arus kendaraan dari jalan raya yang masuk ke JBH tidak di atur, maka dapat mengganggu arus menerus pada JBH.

Penetapan Batas Kecepatan untuk Jalan Bebas Hambatan ditetapkan paling rendah 60 (enam puluh) kilometer per jam [2], hal ini sangat sulit untuk dipenuhi pada saat jam sibuk, karena banyaknya jumlah kendaraan yang bergabung (*marging*) dari jalan raya menuju JBH yang tidak di atur.

II. Metodologi

2. 1. Manajemen Kecepatan

Dalam rangka mewujudkan keseimbangan antara keselamatan dan efisiensi kecepatan kendaraan setiap jalan memiliki batas kecepatan paling tinggi yang ditetapkan secara nasional. Batas kecepatan paling tinggi untuk jalan bebas hambatan paling rendah 60 (enam puluh) kilometer per jam dalam kondisi arus bebas dan paling tinggi 100 (seratus) kilometer per jam [2].

Ramp metering telah diakui sebagai strategi manajemen jalan bebas hambatan yang efektif untuk menghindari atau memperbaiki kemacetan lalu lintas dengan membatasi akses ke jalan bebas hambatan. Dalam praktiknya mode pengaturan pada *ramp metering* terbagi menjadi dua jenis yaitu pengaturan dengan waktu tetap (*fixed time*) dan pengaturan dinamis yang bergantung pada kondisi lalu lintas atau pengaturan waktu pada *ramp metering* yang terkoordinasi [3].

2. 2. Kapasitas Jalan Bebas Hambatan (JBH) Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Nilai kapasitas jalan yang digunakan untuk kepentingan analisis merupakan nilai kapasitas dasar yang disesuaikan oleh faktor-faktor lalulintas, geometrik, dan lingkungan jalan, untuk bab JBH, faktor penyesuaian kapasitas dasar hanya pada faktor lebar lajur lalulintas dan pemisahan arah (untuk tipe 2/2UD) [4]. Persamaan penentuan nilai kapasitas dalam MKJI 1997 ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$C = C_0 \times F_{CW} \times F_{CSP} \quad (1)$$

dengan,

C merupakan kapasitas

C₀ merupakan kapasitas dasar

F_{CW} merupakan faktor penyesuaian lebar jalan bebas hambatan

F_{CSP} merupakan faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya untuk jalan bebas hambatan tak terbagi)

2. 3. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Pengelompokan Kategori Kendaraan untuk Jalan Perkotaan (*Non Toll*) dan JBH tidak sama. Untuk Jalan Perkotaan dengan 6/2 D konversi nilai Satuan Mobil Penumpang (SMP) seperti pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel.1 Konversi nilai SMP untuk tipe kendaraan pada jalan perkotaan dengan 6/2 D

Tipe Kendaraan	Nilai SMP
HV Kendaraan Berat	1,2
MC Sepeda Motor	0,25

Sedangkan untuk JBH nilai konversi kendaraan menjadi SMP seperti pada tabel.2

Tabel.2 Konversi nilai SMP untuk tipe kendaraan pada jalan bebas hambatan dengan 6/2 D

Tipe Kendaraan	Nilai SMP
MHV Kendaraan Berat Menengah	1,3
LB Bus Besar	1,5

Dan nilai konversi untuk LV (kendaraan ringan) selalu 1.

2. 4. Strategi Zone Metering

Strategi *zone metering* dapat dimulai dengan membagi Jalan Bebas Hambatan menjadi beberapa zona. Zona adalah bagian dari ruas jalan bebas hambatan yang satu arah, diidentifikasi dengan *upstream free-flow* area dan lokasi *bottleneck* pada arus downstream. Algoritma *zone* dibangun berdasarkan filosofi keseimbangan arus yang masuk dan meninggalkan zona. Secara Implisit diasumsikan bahwa ketika total volume kendaraan yang masuk dan keluar seimbang, variasi kepadatan zona dijaga tetap rendah, sehingga dengan demikian arus lalu lintas

lancar dan LOS ruas jalan menjadi lebih baik dibanding jika tidak ada mekanisme pengendali [5]. Filosofi tersebut diformulasikan sebagai berikut:

$$M + F = X + B + S - (A + U) \quad (2)$$

dengan:

M mewakili banyaknya kendaraan di akses masuk (*ramp*) yang akan dikendalikan

F mewakili banyaknya kendaraan pada akses masuk di satu ruas jalan bebas hambatan ke akses *ramp* ruas jalan bebas hambatan berikutnya, yang akan dikendalikan

A mewakili volume kendaraan pada *upstream mainline*

U mewakili banyaknya kendaraan pada akses masuk yang tidak dipasang metering

X mewakili banyaknya kendaraan pada akses keluar

B mewakili kapasitas *bottleneck* pada arus *downstream*

S mewakili kapasitas jalan yang tersedia, misalnya ruang yang tersedia dalam zona ketika kepadatan zona rendah.

2. 5. Keseimbangan Arus pada Zona

Keseimbangan arus pada zona adalah elemen utama pada pengendalian *zone metering*. Sebuah zona didefinisikan sebagai bentang ruas jalan yang bersambung dengan stasiun detector sebagai titik akhirnya [5]. Keseimbangan zona tersebut dapat diformulasikan sebagai berikut;

$$M + A + U \leq B + X + S \quad (3)$$

misalnya,

$$M \leq B + X + S - A - U \quad (4)$$

2. 6. Simulasi Lalu Lintas dengan Vissim

Vissim merupakan perangkat lunak simulasi lalu lintas komersial dengan tinjauan mikroskopik. Model pembangun dalam Vissim menggunakan model perilaku mengemudi *psycho-physical* Wiedemann yang mempertimbangkan pengaruh terhadap persepsi pengemudi dalam pengendalian kecepatan kendaraan yang dikemudikannya [6].

2. 7. Validasi Model Vissim

Metode validasi yang digunakan adalah uji statistik GEH dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Setelah mendapatkan model yang valid, maka dilakukan simulasi untuk seluruh data sekunder, bila model dapat habis mensimulasikan seluruh volume kendaraan maka dianggap model dapat merepresentasikan kondisi lalu lintas dari data sekunder, bila masih ada sisa kendaraan di akhir waktu simulasi maka dilakukan kalibrasi terhadap parameter pemodelan dan dianalisis kembali sampai menghasilkan model yang valid secara statistik [7]. Model yang dihasilkan selanjutnya dilakukan validasi dengan kondisi lapangan, yaitu terhadap parameter volume.

2. 8. Statistik GEH

Formula GEH dikembangkan oleh Geoffrey E. Havers di tahun 1970, digunakan untuk validasi hasil pemodelan simulasi lalu lintas, hasil model dikatakan baik jika nilai $GEH < 5$, rumus GEH adalah [7]:

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

2. 9. Statistik MAPE

Pengukuran akurasi peramalan dilakukan dengan menggunakan fungsi *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), MAPE menunjukkan akurasi peramalan dalam bentuk persentase, semakin rendah nilainya maka model peramalan memiliki kemampuan yang baik, dengan batas nilai maksimal <50% [7].

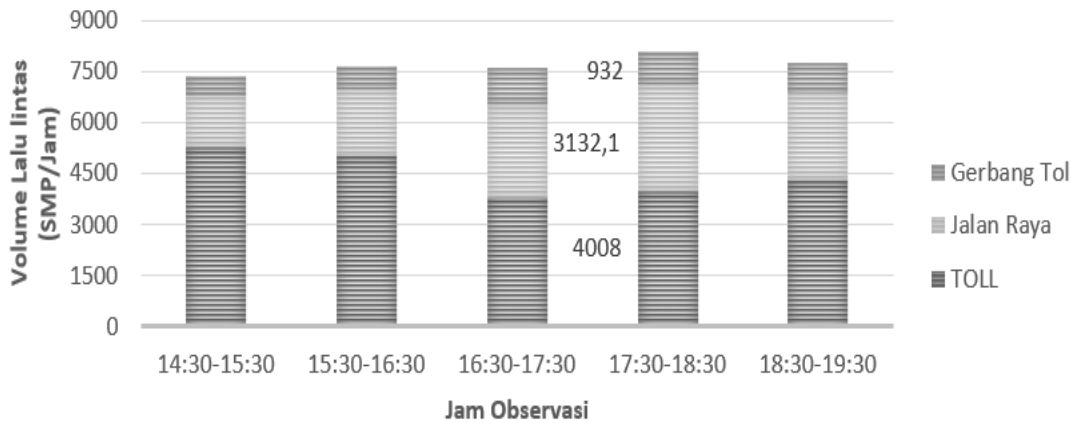
Rumus MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - f_t}{x_t} \right|}{n} \times 100\% \quad (6)$$

III. Hasil Kajian.

3. 1. Kondisi Saat Ini.

Data yang terkumpul kemudian diolah menjadi satuan mobil penumpang (SMP) untuk mendapatkan 1 (satu) jam tersibuk guna pembangunan model. Hasil rekapitulasi volume lalu lintas dalam satuan mobil penumpang dapat dilihat berdasarkan Gambar.1



Gambar.1 Grafik volume lalu lintas per-Jam dalam satuan mobil penumpang

Dari gambar 1 dapat di simpulkan bahwa volume kendaraan yang melintas di JBH lebih tinggi dibandingkan volume kendaraan yang melintas di jalan raya maupun kendaraan yang memasuki gerbang tol dan jam puncak terjadi pada pukul 17.30-18.30 dengan jumlah total kendaraan yang melintas sebanyak 8072,1 SMP/Jam. Adapun rincian komposisi kendaraan yang melintas pada jam puncak dapat dilihat pada Tabel.3.

Tabel.3 Rincian Volume Perklasifikasi kendaraan selama Jam Puncak

Ruas	JBH	Jalan raya	Gerbang tol
MC	0	2213,5	0
LV	3491	891	890
MHV	266,5	0	4,8
LB	250,5	0	37,2
HV	0	27,6	0
Total	4008	3132,1	932

Berdasarkan Tabel 3. di atas, dapat dijelaskan bahwa rincian volume perklasifikasi kendaraan selama jam puncak menunjukkan bahwa volume kendaraan tertinggi berada di ruas JHB yaitu sebanyak 4.008 SMP, disusul dengan volume kendaraan yang melintas di Jl. MT Haryono yaitu sebanyak 3132,1 SMP dan kendaraan yang melewati toll gate sebanyak 932 SMP

Nilai 0 sepeda motor berdasarkan regulasi pelarangan sepeda motor memasuki jalan bebas hambatan, nilai 0 kendaraan berat sedang di jalan raya dan nilai 0 kendaraan berat pada JBH dan Gerbang tol mengacu pada klasifikasi MKJI 1997.

3. 2. Kalibrasi dan Validasi

Proses kalibrasi untuk penelitian ini menggunakan penelitian dari Irawan dan Putri, 2015 [8] dan penelian dari Munawar, 2017 [9] dengan cara trial dan error dari perubahan dalam model wiedemann 74 untuk Jalan Perkotaan dan model wiedemann 99 untuk freeway.

Adapun parameter yang diperbaiki adalah Pembuntutan kendaraan, Perhubungan lajur dan Lateral. Hasil kalibrasi dengan metode trial and error dapat dilihat pada Tabel.4 berikut ini

Tabel.4 Kalibrasi dengan metode trial and error

Paramater	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Trial 4
Average Standstill Distance (Jarak Berhenti Rata-Rata)	2	0,6	0,45	0,45
Additive part of safety distance (Bagian tambahan dari jarak aman)	2	1	1	1
Multiple Part of safety distance (Beberapa Bagian dari jarak aman)	3	1	1	1
Waiting time before diffusion (Waktu tunggu sebelum difusi)	60	60	40	40
Min. headway (front / rear)	0,5	0,5	0,4	0,4
Safety distance reduction factor (Faktor pengurangan jarak aman)	0,6	0,6	0,4	0,4
Desire position at free flow (Posisi yang diharapkan pada aliran bebas)	MoL	Any	Any	Any
Overtake on left (Menyalip di sebelah kiri)	Off	On	On	On
Overtake on right (Menyalip di sebelah kanan)	Off	On	On	On
Distance Standing (Jarak Berdiri)	1	0,2	0,3	0,2
Distance Driving (Jarak Mengemudi)	1	1	0,5	1

Berdasarkan Tabel.4 dapat dijelaskan bahwa trial pertama menggunakan parameter default wiedemann 74 untuk jalan perkotaan (Urban). Trial ke-2 untuk variable *car following* dan *Lateral* menggunakan penelitian dari irawan dan putri 2015. Trial ke-3 untuk variable *car following*, *Lane Change* dan *Minimum lateral distance* menggunakan penelitian Munawar, et, al, 2017. dan untuk Trial ke-4 Variable *Car following* dan *Lane Change* menggunakan penelitian Irawan dan putri, 2015 dan Variable *Lateral* menggunakan penelitian Munawar, et, al, 2017. Hasil Validasi Model dengan Metode Trial dan Error dapat dilihat pada Tabel.5

Tabel.5 Hasil Validasi Model dengan Metode Trial dan Error

Ruas	Volume Lapangan	Volume simulasi	Nilai GEH	MAPE
<u>Trial 1</u>				
Jalan Raya	9768	5898	43,7267	21%
Gerbang tol	925	740	6,4118	
JBH	3863	3748	1,8642	
<u>Trial 2</u>				
Jalan Raya	9768	9837	0,6969	
Gerbang tol	925	854	2,3806	3%
JBH	3863	3748	1,8642	
<u>Trial 3</u>				
Jalan Raya	9768	9821	0,5355	
Gerbang tol	925	877	1,5991	3%
JBH	3863	3748	1,8642	
<u>Trial 4</u>				
Jalan Raya	9768	9831	0,6364	
Gerbang tol	925	879	1,5316	2%
JBH	3863	3748	1,8642	

Dari Tabel.5 hasil validasi model dapat disimpulkan bahwa trial ke-4 lebih mendekati keadaan dilapangan dengan persentase nilai MAPE terkecil yaitu 2%, sehingga untuk analisis selanjutnya menggunakan *Driving Behaviour* dari trial ke-4.

3. 3. Penerapan ETC dan Ramp Metering

Dengan menggunakan Model yang telah divalidasi selanjutnya merubah pengaturan di Gerbang Toll menjadi pengaturan menggunakan ETC. Berikut hasil Permodelan setelah penerapan ETC, dapat dilihat pada Tabel.6 berikut ini,

Tabel.6 Hasil Permodelan setelah penerapan ETC

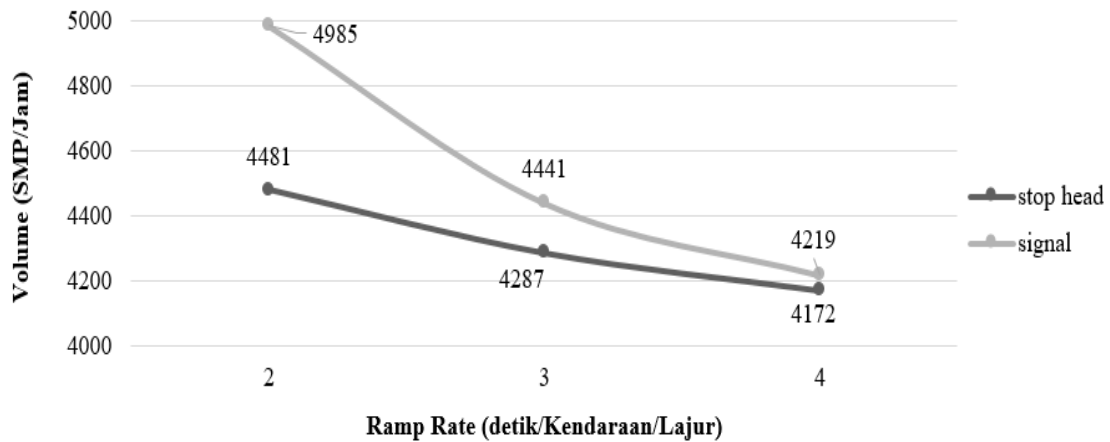
RUAS	Volume Simulasi	Volume Freeflow	Kenaikan
Jl. MT Haryono	9831	9810	-0,21%
Ramp	879	1349	53,47%
JBH sebelum marging	3748	3748	0,00%
JBH setelah marging	4594	5040	9,71%

Berdasarkan Tabel.6 di atas, dapat di jelaskan bahwa dari simulasi menggunakan model, ketika pembayaran Toll dengan system Tapping (menggunakan E-Toll) diubah dengan menggunakan ETC (Free Flow) terjadi kenaikan volume lalu lintas pada ruas JBH sebanyak 9,71%.

Salah satu keuntungan dari ETC adalah pembayaran retribusi (Toll) tanpa harus menghentikan kendaraan. Namun bila kendaraan berkecepatan sedang (Urban road) bergabung (marging) dengan lalu lintas tinggi (Freeway) maka tingkat kecelakaan akan semakin tinggi, karena itulah perlu diberikan penanganan tertentu, seperti pemasangan ramp metering di ruas masuk (ramp on) menuju JBH. Namun pengaturan waktu (rate) pada ramp metering harus dihitung agar kecepatan pada JBH tetap terjaga namun tidak membebani jalan perkotaan.

Salah satu langkah-langkah perhitungan yang dapat di terapkan adalah Stratified Ramp Metering Algorithm yang dapat digunakan untuk menyeimbangkan arus di JBH agar kecepatan di JBH dapat terjaga. Dari model yang telah dibangun dengan aplikasi Vissim 8, terdapat beberapa opsi untuk penerapan ramp metering yaitu dengan pendekatan menggunakan Stop Sign dan Signal, pada penelitian kali ini di coba ke 2 pendekatan tersebut.

Perubahan Volume dihilir ketika penerapan Ramp metering dengan pendekatan stop sign dan signal dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Grafik perubahan Volume arus di hilir setelah penerapan Ramp Metering dengan pendekatan Stop Sign dan Signal

Dari Gambar 2. dapat dijelaskan bahwa grafik perubahan volume arus di hilir setelah penerapan ramp metering dengan pendekatan stop sign dan signal dari hasil permodelan dapat disimpulkan bahwa penerapan ramp metering dengan pendekatan stop sign lebih efektif dalam membatasi arus kendaraan yang memasuki JBH dibanding penerapan ramp metering dengan pendekatan signal pada pemrograman vissim 8.

IV. Kesimpulan.

Selama penelitian 5 Jam dilapangan Jam Puncak untuk Jl. MT Haryono dan JBH Jiur Cawang-Grogol arah Cawang adalah pada pukul 17.30 – 18.30 WIB dengan volume lalulintas 8072,1 SMP/Jam, dengan rincian Volume di JBH sebesar 4008 SMP/Jam, Jl. MT. Haryono 3132,1 SMP/Jam dan Ramp On 932 SMP/Jam. Dominasi Komposisi kendaraan selama 5 Jam penelitian dan Jam puncak tidak ada perbedaan. Untuk JBH dan Ramp On di dominasi oleh Mobil Penumpang Roda 4 sedangkan Jl. MT. Haryono didominasi oleh sepeda motor.

Tidak dilakukan kalibrasi untuk jenis Jalan bebas hambaran (*Freeway*) karena nilai GEH dan MAPE diterima secara statistik, hal ini dapat terjadi karena perilaku berkendara dengan pengaturan *default* sudah mencerminkan perilaku berkendara di lapangan. Pada model, penerapan ETC pada Gerbang tol meningkatkan volume kendaraan di JBH sebanyak 9,71%. Dari ke-2 Opsi pendekatan ramp metering pada aplikasi vissim 8, pendekatan menggunakan *stop sign* lebih menurunkan volume lalulintas di JBH dibanding menggunakan *signal* dengan nilai *rate* yang sama.

Rujukan

- [1]. Bisnis.com, "Tiap Hari Ada 1,3 Juta Penglaju Asal Bodetabek Berkegiatan di Jakarta", 16 Februari 2015, <http://jakarta.bisnis.com/read/20150216/77/403389/tiap-hari-ada-13-juta-penglaju-asal-bodetabek-berkegiatan-di-jakarta>, [28 November 2018]
- [2]. Kementerian Hukum dan HAM Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 111 tahun 2015 Tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan", Jakarta, 2015
- [3]. L. Chu, H. X. Liu, dan H. M. Zhang, "Performance Evaluation of Adaptive Ramp-Metering Algorithms Using Microscopic Traffic Simulation Model", *J. Transp. Eng.*, 130(3): 330-338, 2004
- [4]. Direktorat Jenderal Bina Marga "Manual Kapasitas Jalan Indonesia", Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1997
- [5]. Minnesota Department of Transportation, "Final Report Evaluation and Improvement of the Stratified Ramp Metering Algorithm Through Microscopic Simulation - Phase II", 2005
- [6]. PTV AG, "PTV Vissim 8 User Manual", Karlsruhe, Germany., 2015
- [7]. Y. A. Negoro, "Analisis Pengaruh Manajemen Kecepatan Terhadap Antrian Kendaraan Pada Exit Gerbang Tol Periode Liburan" Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2018
- [8]. M. Z. Irawan dan N. H. Putri, "Kalibrasi Vissim Untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta)", *Jurnal Penelitian Transportasi Multimoda*, 13(3), pp.97-106, 2015
- [9]. A. Munawar, M. Z. Irawan, and A. G. Fitrada, "Development of Urban Road Capacity and Speed Estimation Methods in Indonesia", *Proceedings of the World Congress on Engineering 2017 Vol II*, London, U.K., 2017.