

## Pengaruh Hambatan Samping terhadap Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan Kota Balikpapan dengan Pendekatan Simulasi Mikroskopik

Muhammad Hadid<sup>1\*</sup>, Arum Prastiyo Putri<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan<sup>1</sup>

Koresponden\*, Email: [hadid@lecturer.itk.ac.id](mailto:hadid@lecturer.itk.ac.id)

Info Artikel		Abstract
Diajukan	16 Februari 2021	<i>the research aim is to show the impact of the side friction on basic capacity on the urban road based on a microscopic simulation approach. Simulation using software PTV VISSIM. the kind of side frictions that use is parking/stop vehicle (PSV), slow vehicle (SMW), and entry/exit vehicle (EEV). Simulation divided into 2 steps are the first is to gain the basic model and the second is to gain the impact of side friction to ideal capacity. The result shows that the side friction that gives the highest impact to basic capacity is entry/exit vehicle (EEV), especially on an undivided road. The other result shows that the combination of side friction is not give a cumulative impact on decreasing basic capacity. That indicates the combination side friction simulation has a proportional impact on the decreasing of basic capacity. This research can be an alternative method to analyze the urban traffic characteristics in Indonesia.</i>
Diperbaiki	19 Februari 2021	
Disetujui	20 Februari 2021	

*Keywords: Basic Capacity, Side Friction, Urban Road, Simulation*

**Abstrak**  
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh hambatan samping terhadap perubahan kapasitas dasar jalan perkotaan dengan pendekatan simulasi mikroskopik. Simulasi dilakukan dengan menggunakan program PTV VISSIM. Hambatan samping yang diperhitungkan adalah kendaraan berhenti atau parkir (PSV), kendaraan lambat (SMW), dan kendaraan keluar dan masuk (EEV). Simulasi dibagi menjadi 2 tahapan yakni tahap pertama untuk mendapatkan model dasar dan tahap kedua untuk mendapatkan pengaruh hambatan samping terhadap kapasitas dasar. Hasil dari penelitian ini adalah aktifitas hambatan samping yang paling berpengaruh adalah kendaraan keluar dan masuk jalan (EEV) khususnya pada jalan yang tidak terbagi. Selain itu, simulasi dengan kombinasi hambatan samping tidak menunjukkan kumulatif dari pengaruh penurunan kapasitas per jenis hambatan samping. Hal ini mengindikasikan bahwa simulasi dengan kombinasi hambatan samping memiliki faktor bobot terhadap pengaruh penurunan kapasitas dasar. Penelitian ini dapat menjadi alternatif dalam menganalisis karakteristik jalan perkotaan di Indonesia.

Kata kunci: Hambatan Samping, Jalan Perkotaan, Kapasitas Dasar, Simulasi

### 1. Pendahuluan

Hambatan samping merupakan aktifitas yang berada di sisi jalan dari suatu ruas jalan. Sesuai MKJI 1997 (Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997) yang digunakan untuk menganalisis karakteristik lalu lintas jalan perkotaan di Indonesia, aktifitas yang termasuk hambatan samping antara lain adalah pejalan kaki, kendaraan parkir tepi jalan (*on street parking*), volume kendaraan keluar masuk pada segemen jalan, dan kendaraan lambat seperti sepeda, gerobak, dan lainnya. Adanya aktifitas hambatan samping dan kegiatan lalu lintas masyarakat di sepanjang jalan dapat memberikan dampak pada karakteristik lalu lintas segmen jalan tersebut.

Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa untuk menganalisis karakteristik atau kinerja lalu lintas digunakan panduan MKJI 1997. MKJI 1997 menggunakan pendekatan makroskopik berdasarkan pengamatan di beberapa kota besar di Indonesia. Seiring berkembangnya sarana dan prasarana

transportasi serta meningkatnya aktifitas manusia menciptakan pola kehidupan baru dari segi kuantitas dan kualitas[1]. Terjadinya perubahan karakteristik lalu lintas ini disebabkan pula akibat karakteristik aliran lalu lintas yang tidak lagi homogen. Dalam pendekatan makroskopik aliran lalu lintas diasumsikan seperti aliran fluida yang memiliki kecepatan yang seragam. Sedangkan yang terjadi di Indonesia belakangan ini dengan pertumbuhan kendaraan bermotor yang tinggi khususnya jenis motor menyebabkan aliran pada jalan khususnya jalan perkotaan menjadi aliran heterogenus. Hal ini ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Halim, dkk di jalan perkotaan Kota Makassar. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa terjadi pergeseran antara analisis menggunakan MKJI 1997 dengan kondisi sesungguhnya[2]. Penelitian yang dilakukan oleh Munawar pada tahun 2011 di jalan perkotaan Kota Yogyakarta mengindikasikan perbedaan antara perhitungan dengan

menggunakan MKJI dengan hasil observasi di lapangan ditinjau dari kecepatan hasil pengukuran dengan kecepatan prediksi oleh MKJI 1997[3]. Penelitian tersebut pula menghasilkan bahwa di jalan perkotaan Kota Yogyakarta faktor yang mempengaruhi adalah kendaraan parkir atau stop pada badan jalan[3]. Pengaruh dari hambatan samping dapat menurunkan kecepatan arus pada jalan perkotaan Kota Yogyakarta[3].

Dapat ditarik sebuah kesimpulan sederhana bahwa diperlukan suatu metode untuk menganalisis karakteristik jalan dengan perubahan karakteristik aliran lalu lintas di Indonesia. Salah satu alternatif pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan simulasi mikroskopik. Berbeda dengan pendekatan makroskopik yang menganalogikan aliran kendaraan sebagai aliran fluida dengan kecepatan yang sama, pendekatan mikroskopik lebih menitikberatkan pada perilaku berkendara tiap jenis kendaraan pada arus lalu lintas. Hal ini adapat mengakomodasi kecepatan yang bersifat heterogen dari suatu aliran di jalan perkotaan di Indonesia. Tidak semua kondisi di lalu lintas dapat dianalisis dengan menggunakan MKJI 1997. Hadid, dkk melakukan penelitian terhadap penyediaan lajur tambahan jalinan tunggal pada U-turn Kota Surabaya dengan simulasi tingkat kedatangan menggunakan distribusi Poisson[4]. Hasil simulasi didapatkan panjang kebutuhan lajur tambahan untuk mengakomodasi panjang antrian yang terjadi pada sistem U-turn[4]. Dengan melakukan pendekatan mikroskopik berbasis simulasi dapat dilakukan aktualisasi kondisi ril lapangan ke dalam model sehingga hasil analisis lebih mendekati kondisi ril.

Salah satu program yang dapat digunakan adalah PTV VISSIM. program ini menggunakan pendekatan mikroskopik untuk mensimulasikan kondisi suatu ruas jalan beserta lingkungan yang mempengaruhi arus kendaraan.

Penelitian ini merupakan penelitian awal untuk mengidentifikasi pengaruh hambatan samping yang ada di jalan perkotaan dengan menggunakan pendekatan simulasi mikroskopik. Pendekatan mikrosimulasi digunakan karena dapat memasukan parameter perilaku pengendara dan kejadian yang ada di tepi jalan pada model. Namun kekurangan dari penelitian ini adalah belum dapat memasukan volume pejalan kaki karena terbatasnya software yang digunakan. Sehingga jenis aktifitas yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah jumlah kendaraan parkir, jumlah kendaraan yang keluar/masuk segmen jalan, dan kendaraan lambat.

Lokasi yang dijadikan objek studi adalah jalan M.T Haryono, Kota Balikpapan. Jalan M.T. Haryono merupakan jalan perkotaan dengan 4 lajur untuk 2 jalur (**Gambar 1**).

Pemilihan Jalan M.T. Haryono karena pada jalan ini terdapat aktifitas tepi jalan atau hambatan samping yang mempengaruhi arus lalu lintas pada jam puncak baik pagi dan sore. Banyaknya pusat kegiatan perdagangan seperti pertokoan membuat jalan ini terdapat parkir tepi jalan yang dapat mengurangi kapasitas jalan. Selain itu, terdapat Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang sering terjadi antrian kendaraan akibat aktifitas keluar masuk kendaraan dari atau menuju SPBU.

MKJI 1997 menyebutkan bahwa penilaian hambatan samping dilakukan pada setiap 200 meter. Dengan panjang segmen Jalan M.T. Haryono 1000 meter maka dilakukan pembagian jalan menjadi 5 segmen dengan panjang masing-masing segmen adalah 200 meter. Segmen 1, 3, dan 5 memiliki tipe jalan 4 lajur dengan 2 jalur dengan pemisah arah (median). Segmen 2 dan segmen 3 merupakan jalan dengan tipe 4 lajur untuk 2 jalur tanpa menggunakan pemisah arah (median) jalan. Kelima segmen jalan tersebut akan disimulasikan untuk mendapatkan pengaruh tiap hambatan samping pada tiap segmen.



**Gambar 1.** Citra Object Penelitian Jalan M.T. Haryono

## 2. Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan memodelkan volume arus maksimum yang dapat ditampung oleh jalan berdasarkan kapasitas dasar MKJI 1997 untuk jalan perkotaan dan jumlah aktifitas tepi jalan pada program bantu PTV VISSIM. Data yang diperlukan pada penelitian ini antara lain geometrik jalan, hambatan samping, dan data kecepatan arus bebas. Data hambatan samping yang digunakan terdiri dari aktifitas parkir tepi jalan, aktifitas kendaraan keluar/masuk segmen jalan, dan kendaraan lambat tanpa mempertimbangkan pengaruh dari pejalan kaki (pedestrian). Hasil dari simulasi kemudian dikalibrasi dengan metode GEH (Geoffrey E. Havers) untuk mengetahui apakah simulasi dapat diterima dan dilanjutkan untuk dilakukan analisis pengaruh dari hambatan samping terhadap karakteristik lalu lintas.

## 2.1. Data Hambatan Samping

Menurut MKJI 1997 bahwa penilaian hambatan samping dilakukan per 200-meter segemen jalan. Aktifitas yang termasuk hambatan samping pada MKJI 1997 adalah kendaraan parkir tepi jalan, aktifitas kendaraan yang keluar/masuk, kendaraan lambat, dan pejalan kaki[5]. Namun, pada penelitian ini hanya menggunakan kendaraan parkir tepi jalan (*PSV*), kendaraan lambat (*SMW*), dan kendaraan keluar dan masuk (*EEV*).

Pengumpulan data untuk hambatan samping dilakukan pada saat pelaksanaan survey volume kendaraan. Pengumpulan data hambatan samping dibagi per 200-meter sesuai MKJI 1997. Sehingga, ruas Jalan M.T. Haryono akan dibagi menjadi 5 segmen dengan panjang tiap segmen adalah 200 meter.

## 2.2. Data Kecepatan Kendaraan

Parameter yang digunakan dalam simulasi mikroskopik adalah data kecepatan. Kecepatan yang digunakan dalam simulasi adalah kecepatan saat kondisi *free flow* atau disebut juga kecepatan arus bebas (*uf*). Kecepatan saat *free flow* merupakan kecepatan dimana pengendara dapat menggunakan kecepatan yang diinginkan tanpa ada pengaruh dari lingkungan atau lingkungan memberi pengaruh yang kecil dalam penentuan kecepatan kendaraan. Dalam mendapatkan data kecepatan *free flow* tidak dilakukan bersamaan dengan pengumpulan data volume kendaraan dan hambatan samping. Pengambilan data kecepatan dilakukan pada saat *off peak* atau pada saat kondisi lalu lintas renggang. Data kecepatan arus bebas atau *free flow speed* yang diambil adalah data kecepatan setiap jenis kendaraan yang akan digunakan dalam simulasi yakni kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV), dan motor (MC).

Jumlah sampel ( $n$ ) yang digunakan berdasarkan rumus slovin pada persamaan (1) dengan dengan margin error ( $e$ ) yang digunakan adalah 5% dan jumlah populasi ( $N$ ).

$$n = \frac{N}{1+(N \times e^2)} \quad (1)$$

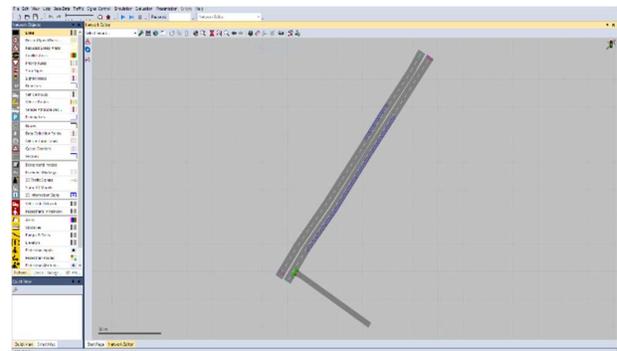
Data kecepatan arus bebas ini akan digunakan pada simulasi dengan volume jam puncak. Sehingga untuk penentuan populasi ( $N$ ) yang digunakan untuk menentukan sampel adalah volume kendaraan tiap jenis kendaraan pada jam puncak. Hasil dari pengambilan data kecepatan arus bebas ini adalah distribusi kecepatan tiap jenis kendaraan.

## 2.3. Simulasi

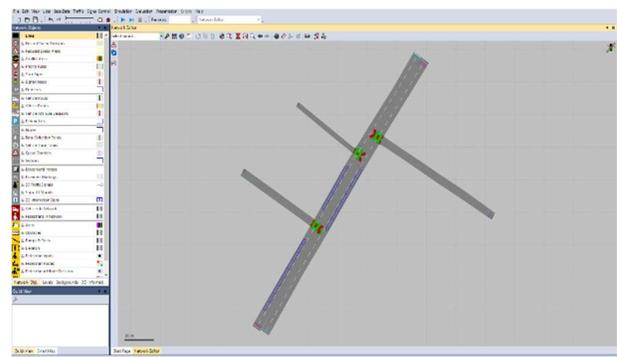
Simulasi pada penelitian seperti yang telah dijelaskan sebelumnya menggunakan program bantu PTV Vissim. Berbeda dengan MKJI 1997 yang menggunakan pendekatan

makroskopik program ini menggunakan pendekatan mikroskopik. Simulasi dilakukan untuk 5 segmen jalan yang terbagi ke dalam 2 tipe jalan. Tipe yang pertama adalah tipe jalan 4 lajur untuk 2 arah dengan pemisah (median) untuk segmen 1, 4, dan 5. Tipe jalan yang kedua adalah tipe jalan 4 lajur untuk 2 arah tanpa pemisah (median). Permodelan segmen 1, 2, 3, 4, dan 5 secara berurutan ditunjukkan pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, **Gambar 4**, **Gambar 5**, dan **Gambar 6**.

Simulasi pada penelitian ini terbagi menjadi dua tahapan. Tahapan pertama adalah simulasi untuk mendapatkan model dasar. Pada tahapan ini data kendaraan yang diinputkan adalah sejumlah kapasitas dasar untuk jalan dengan 4 lajur untuk 2 arah yakni 3,300 smp/jam tiap arah. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk memastikan bahwa kapasitas dasar dari jalan telah sesuai dengan kapasitas dasar yang terdapat pada MKJI 1997. Sehingga pada metode ini tidak diinputkan data hambatan samping yang mengartikan bahwa simulasi dilakukan pada kondisi ideal tanpa ada pengaruh dari aktifitas sisi jalan.



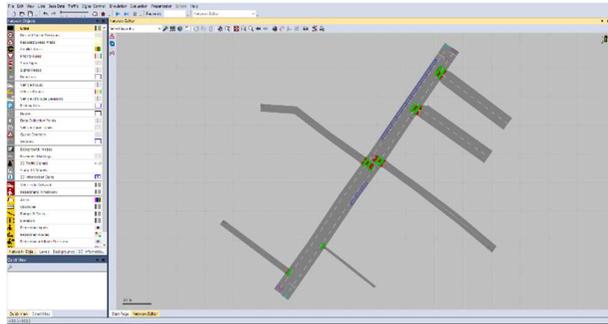
**Gambar 2.** Permodelan untuk Segmen 1



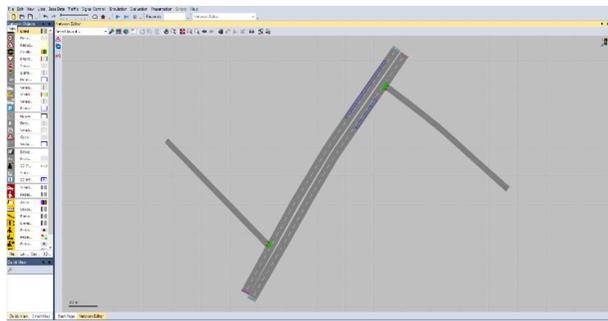
**Gambar 3.** Permodelan untuk Segmen 2

Setelah tahap pertama selesai dan mendapatkan model dasar yang telah sesuai, dilakukan simulasi tahap kedua. Pada simulasi tahap kedua, diinputkan data hambatan samping berdasarkan data yang di ambil pada jalan M.T. Haryono

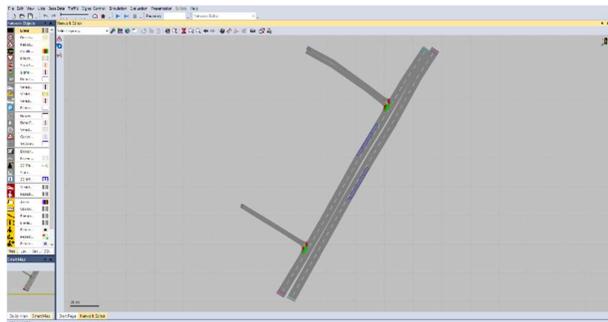
Balikpapan. Simulasi tahap dua bertujuan untuk mendapatkan perubahan arus lalu lintas. Perubahan yang dimaksud adalah pengurangan kendaraan hasil simulasi akibat pengaruh hambatan samping. Apabila terjadi pengurangan jumlah kendaraan hasil simulasi program PTV VISSIM mengindikasikan penurunan kapasitas dasar.



**Gambar 4.** Permodelan untuk Segmen 3



**Gambar 5.** Permodelan Segmen 4



**Gambar 6.** Permodelan Segmen 5

Sesuai dengan FHWA dalam melakukan simulasi mikroskopik dengan bantuan program bantu perlu ada waktu tambahan yang diistilahkan dengan *warming up time* atau waktu pemanasan. Hal ini karena pada kondisi ril ruas jalan terus terisi oleh kendaraan dengan variasi kepadatan berdasarkan perubahan waktu. *Warming up time* ini dimaksudkan untuk membuat kondisi jalan saat dibebankan volume

kendaraan simulasi telah terisi dengan arus lain yang menggambarkan kondisi ril di lapangan. Lama waktu *warming up* ini disebutkan adalah 15 menit[6]. Sehingga lama lama simulasi yang digunakan adalah 75 menit. Untuk mendapatkan model yang konsisten maka dalam tiap tahap simulasi yang dilakukan sebanyak 10 simulasi.

**Gambar 2** hingga **Gambar 6** terdapat model jalan akses menuju jalan M.T. Haryono atau kelar dari Jalan M.T. Haryono dan area parkir. Pada simulasi tahap pertama data data parkir atau kendaraan berhenti, kendaraan keluar dan masuk ke Jalan M.T. Haryono, dan data kendaraan lambat belum dimasukkan ke dalam model.

#### 2.4. Kalibrasi

Kalibrasi merupakan cara untuk mengetahui apakah model simulasi dapat diterima atau tidak. Kalibrasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode GEH (Geoffrey E. Havers). Metode kalibrasi ini membandingkan jumlah kendaraan yang diobservasi (*qobs*) dengan jumlah kendaraan hasil simulasi (*qsim*). Dari hasil kalibrasi dapat diidentifikasi apakah model dapat diterima atau tidak. Nilai kalibrasi GEH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2). Simulasi dikategorikan dapat diterima apabila nilai GEH adalah dibawah 5.0 ( $GEH < 5.0$ ). Model hasil dsimulasi perlu dievaluasi dan diperbaiki apabila nilai GEH lebih dari sama dengan 5 dan kurang dari sama dengan 10 ( $5 < GEH < 10$ ). Kondisi ini dimungkinkan terdapat data yang kurang sesuai sehingga model yang didapatkan tidak sesuai. Sedangkan untuk nilai GEH lebih dari 10 ( $GEH > 10$ ) menyatakan bahwa model ditolak sehingga perlu dilakukan permodelan ulang.

$$GEH = \sqrt{\frac{(qsim - qobs)^2}{0.5 \times (qsim + qobs)}} \quad (2)$$

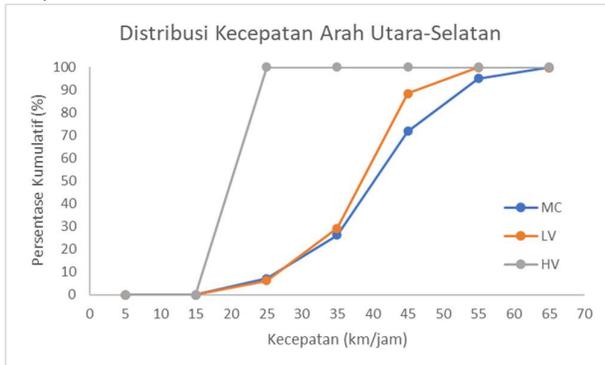
Untuk mendapatkan nilai GEH yang baik yakni jumlah kendaraan hasil dari simulasi, hal yang dapat dilakukan adalah melakukan *try error* faktor perilaku berkendara pada PTV VISSIM. perilaku berkendara yang dilakukan penyesuaian pada fungsi *driving behavior* antara lain *average standstill distance*, *Add. Part of desired safety distance*, *Mul. Part of desired Safety Distance*, *No. of observed vehicle*, *lateral distance driving*, *lateral distance dtanding*, *safety distance reduction factor*, dan *minimum headway*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

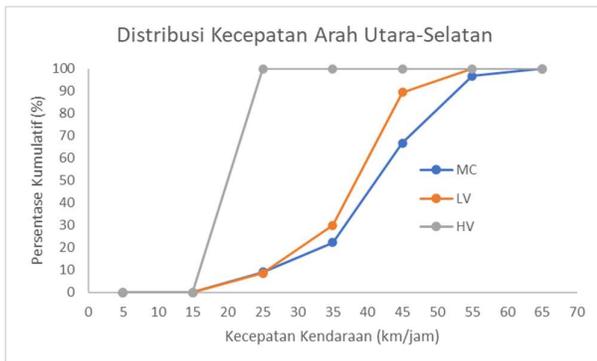
#### 3.1. Data Kecepatan Arus Bebas

Data kecepatan diambil menggunakan alat *speed gun* sehingga data kecepatan yang ada adalah data kecepatan merata waktu (*ut*). Data ini kemudian didistribusikan

berdasarkan kelas interval yang ada. **Gambar 1** dan **Gambar 2** menunjukkan grafik distribusi kecepatan untuk Jl. MT. Haryono arah Utara-Selatan dan Selatan-Utara.



**Gambar 7.** Grafik Distribusi Kecepatan Kendaraan Arah Utara-Selatan



**Gambar 8.** Grafik Distribusi Kecepatan Kendaraan Arah Selatan-Utara

Data kecepatan berupa grafik distribusi kumulatif kemudian dimasukkan kedalam fungsi *desired speed* pada program PTV VISSIM. Distribusi kecepatan ini merepresentasikan kecepatan yang heterogen pada aliran lalu lintas di jalan perkotaan.

**3.2. Data Hambatan Saming**

Segmen Jalan M.T. Haryono yang digunakan untuk mengamati hambatan saming adalah kedua sisi jalan dengan rentan 200 meter setiap jamnya. Hambatan saming pada lokasi penelitian dengan panjang jalan 1,000 meter dibagi menjadi 5 segmen dengan panjang segmen 200 meter. Data hambatan pada **Tabel 1** saming yang didapatkan dari lapangan antara lain adalah data jumlah kendaraan berhenti atau parkir (*PSV*), jumlah kendaraan lambat (*SMW*), dan jumlah kendaraan keluar/masuk jalan (*EEV*).

**3.3. Parameter Prilaku Berkendara**

Parameter pengemudi dilakukan try and error untuk mendapatkan hasil permodelan yang sesuai. Dari hasil try

and error pada fungsi *driving behavior* PTV VISSIM didapatkan parameter *driving behavior* yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

**Tabel 1.** Data hambatan saming pada segmen jalan

Parameter	Segmen				
	1	2	3	4	5
<i>PSV</i>	69	110	108	50	25
<i>SMW</i>	8	6	3	3	3
<i>EEV</i>	56	1515	1195	190	972

**Tabel 2.** Parameter *Driving Behavior* yang digunakan pada PTV VISSIM

Parameter	Nilai
<i>Average Standsill Distance</i>	1
<i>Add. Part of Desired Safety Distance</i>	1
<i>Mul. Part of Desired Safety Distance</i>	2
<i>No. of Observed Vehicle</i>	2
<i>Lateral Distance Driving</i>	1
<i>Lateral Distance Standing</i>	0.2
<i>Safety Distance Reduction Factor</i>	0.6
<i>Minimum Headway</i>	0.5

**3.4. Simulasi, Kalibrasi, dan Pengaruh Hambatan Saming**

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian simulasi sebelumnya bahwa terdapat 2 tahapan simulasi yang dilakukan. Tahap pertama adalah simulasi tanpa memasukkan data hambatan saming dan tahap kedua adalah simulasi dengan memasukkan data hambatan saming.

Simulasi tahap pertama dilakukan dengan memasukan volume arus kendaraan sejumlah kapasitas dasar untuk mendapatkan model dasar simulasi dan memastikan bahwa pada simulasi yang memasukan data hambatan saming kapasitas dasar telah tercapai sehingga memudahkan dalam pengukuran pengaruh hambatan saming. Simulasi dilakukan pada semua segmen jalan M.T. Haryono. Pada ruas jalan M.T. Haryono terdapat 2 tipe jalan, yakni tipe jalan dengan 4 lajur untuk 2 arah dengan menggunakan pemisah (median) atau disebut dengan jalan terbagi (*divided*) yakni pada segmen jalan 1, 4, dan segmen 5. Tipe jalan yang lainnya adalah segmen 2 dan segmen 3 dengan 4 lajur untuk 2 arah tanpa pemisah (median) atau disebut dengan jalan tidak terbagi (*undivided*).

Berdasarkan MKJI 1997 bahwa kapasitas dasar (*C0*) untuk jalan dengan 4 lajur terbagi dan tidak terbagi secara berurutan adalah 1,650 smp/jam/lajur dan 1,500 smp/jam/lajur. Sehingga arus kendaraan yang diinputkan untuk segmen jalan terbagi per arahnya adalah 3,300 smp/jam/arah dan 3,000 smp/jam/arah untuk jalan tidak terbagi. Kapasitas

dasar ini kemudian dimasukkan ke dalam program VISSIM sebagai arus kendaraan yang akan melewati segmen yang ada. Simulasi dilakukan terpisah tiap segmen jalan dengan tujuan untuk mendapatkan pengaruh yang lebih spesifik per 200-meter dan tanpa terganggu dari pengaruh segmen sebelum dan sesudahnya yang ditunjukkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Hasil Simulasi Tahap 1 (tanpa hambatan samping)

Parameter	Segmen				
	1	2	3	4	5
<b>Arah Utara-Selatan</b>					
<i>qobs</i>	3,300	3,000	3,000	3,300	3,000
<i>qsim U-S</i>	3,283	2,979	2,978	3,274	3,281
<i>GEH U-S</i>	0.296	0.384	0.402	0.453	0.209
<b>Arah Selatan-Utara</b>					
<i>qobs</i>	3,300	3,000	3,000	3,300	3,000
<i>qsim S-U</i>	3,300	2,996	2,995	3,299	3,281
<i>GEH S-U</i>	0.000	0.073	0.091	0.017	0.331
<i>Δq rata-rata (%)</i>	0.26%	0.42%	0.45%	0.41%	0.47%

Berdasarkan **Tabel 3** didapatkan nilai GEH untuk semua segmen menunjukkan nilai di bawah 5.0. Dengan demikian, model simulasi dasar dapat diterima dan dapat dilanjutkan ke tahap kedua.

Simulasi tahap kedua adalah dengan memasukan data hambatan samping berdasarkan data yang diambil pada setiap semen jalan. Simulasi dengan hambatan samping yang dimasukkan ke dalam model dilakukan dibagi 2 yakni simulasi per jenis hambatan samping dan simulasi untuk semua jenis hambatan samping. Hasil simulasi tiap jenis hambatan samping dan keseluruhan hambatan samping ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Berdasarkan hasil kalibrasi GEH pada **Tabel 4** arus lalu lintas hasil simulasi dengan arus input sebesar kapasitas dasar dengan pengaruh hambatan samping menunjukkan keseluruhan simulasi dapat diterima ( $GEH < 5$ ). **Tabel 4** menunjukkan bahwa pada simulasi dengan memasukan per jenis hambatan samping, jenis hambatan samping yang memberi dampak yang paling besar untuk total kedua arah terhadap penurunan kapasitas adalah hambatan samping dengan jenis kendaraan keluar atau masuk segmen jalan (EEV). Pengaruh terbesar dari dari kendaraan keluar masuk segmen jalan (EEV) ini terjadi pada seluruh segmen jalan yang diteliti. Penurunan kapasitas (%) akibat aktifitas kendaraan keluar dan masuk segmen jalan (EEV) untuk segmen 1 hingga segmen 5 secara berurutan adalah 0.41%, 6.10%, 4.97%, 1.14%, dan 3.15%. Dampak terbesar akibat aktifitas kendaraan keluar masuk (EEV) terjadi pada segmen 2 dengan tipe jalan 4 lajur untuk 2 arah tidak terpisah.

**Tabel 4.** Hasil Simulasi Tahap 2

Parameter	Segmen				
	1	2	3	4	5
<b>Arah Utara-Selatan</b>					
<i>SMW</i>					
<i>qobs</i>	3,300	3,000	3,000	3,300	3,300
<i>qsim</i>	3,295	2,978	2,977	3,248	3,260
<i>GEH</i>	0.09	0.40	0.49	0.91	0.70
<i>PSV</i>					
<i>qobs</i>	3,300	3,000	3,000	3,300	3,300
<i>qsim</i>	3,278	2,959	2,973	3,274	3,214
<i>GEH</i>	0.38	0.75	0.49	0.45	1.51
<i>EEV</i>					
<i>qobs</i>	3,300	3,000	3,000	3,300	3,300
<i>qsim</i>	3,280	2,824	2,893	3,293	3,115
<i>GEH</i>	0.35	3.26	1.97	0.12	3.27
<i>ALL</i>					
<i>qobs</i>	3,300	3,000	3,000	3,300	3,300
<i>qsim</i>	3,248	2,757	2,861	3,217	2,844
<i>GEH</i>	0.91	4.53	2.57	1.45	4.92
<b>Arah Selatan-Utara</b>					
<i>SMW</i>					
<i>qobs</i>	3,300	3,000	3,000	3,300	3,300
<i>qsim</i>	3,282	2,994	2,986	3,296	3,308
<i>GEH</i>	0.31	0.11	0.26	0.07	0.14
<i>PSV</i>					
<i>qobs</i>	3,300	3,000	3,000	3,300	3,300
<i>qsim</i>	3,296	2,990	2,971	3,306	3,265
<i>GEH</i>	0.07	0.18	0.53	0.10	0.61
<i>EEV</i>					
<i>qobs</i>	3,300	3,000	3,000	3,300	3,300
<i>qsim</i>	3,293	2,810	2,809	3,232	3,277
<i>GEH</i>	0.12	3.53	3.54	1.19	0.40
<i>ALL</i>					
<i>qobs</i>	3,300	3,000	3,000	3,300	3,300
<i>qsim</i>	3,263	2,785	2,775	3,217	3,367
<i>GEH</i>	0.65	4.00	4.19	1.45	1.16
<b>Penurunan Kapasitas (%)</b>					
<i>SMW</i>	0.35	0.47	0.62	0.85	0.48
<i>PSV</i>	0.39	0.85	0.93	0.30	1.83
<i>EEV</i>	0.41	6.10	4.97	1.14	3.15
<i>ALL</i>	1.35	7.63	6.07	2.27	5.89

Pada segmen jalan ini terdapat jalan akses menuju perumahan dan pusat pendidikan yakni Universitas Balikpapan. Berdasarkan data hambatan samping pada segmen 2 jumlah kejadian kendaraan yang keluar dan masuk segmen jalan sejumlah 1,515 kejadian/jam/200 meter. Penurunan yang terjadi akibat aktifitas kendaraan keluar dan masuk terhadap penurunan kapasitas dasar adalah 6.10%.

Pengaruh terkecil akibat aktifitas kendaraan keluar dan masuk segmen jalan (EEV) adalah pada segmen 1 dengan tipe jalan 4 lajur untuk 2 arah dengan pemisah arah (median). Pada segmen ini kendaraan yang keluar atau masuk sangat kecil. Sesuai pada **Tabel 1** jumlah aktifitas kendaraan keluar masuk hanya 56 kejadian/jam dengan penurunan kapasitas akibat aktifitas ini adalah 0.41%. berdasarkan **Tabel 4** juga mengindikasikan bahwa pengaruh terbesar penurunan kapasitas dalam persen akibat aktifitas keluar dan masuk kendaraan di jalan terjadi pada segmen jalan dengan tipe tidak terbagi. Aktifitas kendaraan keluar masuk dari arah berlawanan yang memotong arus utama menjadi faktor penentu tingginya penurunan kapasitas. Kondisi ini berdampak pada pola pergerakan pada titik tersebut menjadi seperti simpang tak bersinyal. Kondisi ini menyebabkan terjadinya tundaan dan antrian pada titik tersebut baik pada arus yang searah atau yang berlawanan sehingga meningkatkan pengaruh terhadap penurunan kapasitas dasar. Berbeda dengan jalan dengan terbagi, aktifitas kendaraan keluar dan masuk segmen jalan hanya terjadi pada arus utama dimana kendaraan di arus utama keluar dan kendaraan masuk menuju arus utama. Perbedaan ini memberikan perilaku tundaan yang berbeda. Pada jalan terbagi aktifitas kendaraan keluar dan masuk jalan menyebabkan terjadinya tundaan dan antrian pada kedua arah, sedangkan untuk jalan terbagi tundaan dan antrian hanya terjadi pada arus tertentu saja tanpa mengganggu arus yang lain.

Aktifitas hambatan samping yang memberi pengaruh paling kecil adalah hambatan samping dengan jenis kendaraan lambat. Penurunan kapasitas (%) akibat kendaraan lambat (SMW) untuk segmen 1 hingga segmen 5 secara berurutan adalah 0.35%, 0.47%, 0.62%, 0.85%, dan 0.48%. Pengaruh terbesar terjadi pada segmen 3, meskipun total kejadian kendaraan lambat berdasarkan **Tabel 1** hanya 3 kejadian/jam namun memberikan dampak penurunan kapasitas dasar sebesar 0.85%. nilai penurunan terkecil adalah pada segmen 1 dimana dengan jumlah kendaraan lambat paling besar yakni 8 kejadian dampak penurunan akibat kendaraan lambat (SMW) hanya 0.35%. Hasil yang didapatkan dari segmen jalan 1 dan 3 dimana segmen 1 memiliki kejadian terbesar namun pengaruh kecil dan segmen 3 dengan jumlah kejadian yang sedikit namun memberikan pengaruh yang tinggi dapat disebabkan oleh lebar jalan pada segmen 1 dan 3 dimana pada segmen jalan 1 memiliki lebar jalur 5.50 meter dan segmen 3 memiliki lebar jalur 8.40 meter.

Pengaruh kendaraan berhenti atau parkir (PSV) terhadap penurunan kapasitas jalan (%) untuk segmen 1 hingga segmen 5 secara berurutan adalah 0.39%, 0.85%, 0.93%,

0.30%, dan 1.83%. pengaruh terbesar terjadi pada segmen 5 dengan pengaruh penurunan terhadap kapasitas dasar sebesar 1.83%. Segmen 5 merupakan jalan dengan tipe 4 lajur untuk 2 arah dengan pemisah (median). Tingginya pengaruh disebabkan akibat lebar jalan 5 meter dengan 2 meter digunakan untuk parkir on street. Dengan digunakannya sebagian badan jalan untuk parkir dapat mengganggu arus utama. Sehingga meskipun dengan jumlah kejadian antrian 25 kejadian/jam dapat memberikan pengaruh yang besar dibandingkan dengan segmen lain. Namun sebaliknya pada segmen 2 dan 3 dengan jumlah kejadian kendaraan berhenti atau parkir (PSV) secara berurutan adalah 110 dan 108 kejadian/jam memberikan pengaruh yang kecil karena pengaruh dari lebar jalan yang mencapai 8.4 meter.

Pengaruh hambatan samping kombinasi dari seluruh jenis hambatan samping tidak menunjukkan penjumlahan dari pengaruh penurunan kapasitas dasar dari tiap jenis hambatan. Dari hasil simulasi kombinasi hambatan samping segmen 1 hingga segmen 5 didapatkan pengaruh penurunan secara berurutan sebesar 1.35%, 7.63%, 6.07%, 2.27%, dan 5.89%. Urutan 3 besar penurunan kapasitas dasar akibat hambatan samping. Hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 4** mengindikasikan adanya perbedaan bobot hambatan samping bila dikombinasikan. Hal ini sejalan dengan analisis pada MKJI 1997 yang memberi faktor bobot terhadap jenis hambatan samping. MKJI menyebutkan bahwa faktor bobot untuk kendaraan berhenti atau parkir adalah sebesar 1.0, kendaraan keluar dan masuk sebesar 0.7, dan kendaraan lambat sebesar 0.4[5]. Hasil simulasi tahap 2 menunjukkan bahwa bila dilakukan pembobotan jenis hambatan samping, maka aktifitas keluar dan masuk (EEV) jalan merupakan jenis hambatan samping yang memiliki faktor bobot terbesar diikuti oleh kendaraan berhenti atau parkir (PSV) dan yang terakhir adalah kendaraan lambat (SMW). Maka perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengidentifikasi bobot tiap jenis hambatan samping. Penggunaan jalan dengan geometrik sesuai dengan hirarki minimal jalan perkotaan yang ada di Indonesia dengan variasi jumlah jenis hambatan samping dan variasi jumlah kombinasi hambatan samping dapat dilakukan kedepannya.

#### 4. Simpulan

Kesimpulan yang dapat didapatkan dari hasil penelitian ini diantaranya adalah dengan menggunakan simulasi dapat diindikasikan bahwa jenis hambatan samping aktifitas kendaraan keluar/masuk jalan memberikan kontribusi yang besar terhadap penurunan kapasitas jalan. Selain itu, kombinasi hambatan samping juga mengindikasikan bahwa

terjadi pengaruh berbeda diberikan oleh tiap jenis hambatan samping.

Saran yang dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya adalah dengan menggunakan jalan dengan geometric sesuai dengan hirarki jalan untuk mendapatkan pengaruh yang lebih terukur kemudian dapat dibandingkan dengan studi kasus untuk jalan perkotaan yang ada. Penambahan jenis hambatan samping pejalan kaki perlu dilakukan mengingat pejalan kaki merupakan komponen lalu lintas yang diperhitungkan, namun dengan keterbatasan software yang digunakan belum dapat melakukan simulasi sejumlah lalu lintas orang yang ada. Maka, perlu penambahan program yakni PTV VIS-WALK untuk diintegrasikan dengan PTV VISSIM sehingga dapat dilakukan simulasi pejalan kaki

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan Terima kasih kepada PTV VISSIM atas lisensi yang diberikan untuk kelancaran penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] E. Kusnandar, "Pengkian Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997," *J. Jalan Jemb.*, vol. 26, pp. 1–11, 2009.
- [2] H. Halim, S. A. Adisasmita, M. I. Ramli, and S. H. Aly, "The relationship of volume and headway on heterogen traffic conditions in Makassar City," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 419, p. 012105, Feb. 2020.
- [3] A. Munawar, "Speed and Capacity for Urban Roads, Indonesian Experience," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 16, pp. 382–387, Jan. 2011.
- [4] M. Hadid, H. Widyastuti, and W. Herijanto, "A suggested model to simulate storage lane for vehicle queue on urban road u-turn," *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 24, pp. 14391–14397, Dec. 2016.
- [5] Direktorat Jenderal Bina Marga, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Cetakan Pe. Jakarta, 1997.
- [6] Federal Highway Administration, *Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software*, First Edit. Virginia: U.S. Department of Transportation, 2004.