

## KALIBRASI MODEL SIMULASI VISSIM

DR. Effendhi Prih R,MT  
Dosen STTD  
Jl. Raya Setu no.89  
Cibuntu – Cibitung  
Tlp/Fax : ( 021 ) 8254640

DR.M. GunturMT  
Dosen STTD  
Jl. Raya Setu no.89  
Cibuntu – Cibitung  
Tlp/Fax : ( 021 ) 8254640

Dra. Siti Umiyati,MM  
Dosen STTD  
Jl. Raya Setu no.89  
Cibuntu - Cibitung  
Tlp/Fax: ( 021 ) 8254640

Novita Sari,M.Eng  
Dosen STTD  
Jl. Raya Setu no.89  
Cibuntu – Cibitung  
Tlp/Fax : ( 021 ) 8254640

Dani Hardianto,M.Sc  
Dosen STTD  
Jl. Raya Setu no.89  
Cibuntu - Cibitung  
Tlp/Fax : ( 021 ) 8254640

Dessy Angga A,M.Sc  
Dosen STTD  
Jl. Raya Setu no.89  
Cibuntu – Cibitung  
Tlp/Fax : ( 021 ) 8254640

Sabrina Handayani,MT  
Dosen STTD  
Jl. Raya Setu no.89  
Cibuntu - Cibitung  
Tlp/Fax : ( 021 ) 8254640

### ABSTRACT

In analyzing the transportation of a road network, many encountered limitations and difficulties. A lot of time, effort and cost are used to analyze and know traffic performance. One of the software that can be used is the application PTV Vissim 9. Vissim model itself is basically given or there are arrangements that have been set by the creator with the characteristics of the country of origin, namely Germany and other developed countries where the country has different characteristics, seen from the traffic policy, arrangement, management and traffic engineering, modes of transportation and behavior of road users in which there are pedestrians and motorists. Vissim simulation model is a modeling with microscopic analysis in which formulate variables and algorithms related to Driving Behavior or road user behavior. It is intended to know indication of road user behavior toward traffic performance comprehensively but in micro scope.

**Keyword:** *Traffic performance, Vissim simulation, microscopic analysis*

### ABSTRAKSI

Dalam menganalisa transportasi suatu jaringan jalan, banyak ditemui keterbatasan dan kesulitan. Banyak waktu, tenaga dan biaya yang digunakan untuk menganalisa dan mengetahui kinerja lalu lintas. Salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan adalah aplikasi PTV Vissim 9. Model Vissim itu sendiri pada dasarnya merupakan given atau terdapat pengaturan yang telah di atur oleh penciptanya dengan karakteristik negara asalnya, yakni negara Jerman dan negara maju lainnya dimana negara tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda, dilihat dari kebijakan lalu lintas, pengaturan, manajemen dan rekayasa lalu lintas, moda transportasi dan perilaku pengguna jalan yang didalamnya terdapat pejalan kaki dan pengendara kendaraan. Model simulasi Vissim merupakan permodelan dengan analisa microscopis yang didalamnya merumuskan variabel dan algoritma berkaitan dengan Driving Behaviour atau perilaku pengguna jalan. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui indikasi dari perilaku pengguna jalan terhadap kinerja lalu lintas secara komprehensif namun dalam lingkup mikro.

**Keyword :** *Kinerja lalu lintas, simulasi Vissim, analisa microscopis*

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Penelitian**

Transportasi merupakan suatu yang dinamis, dimana kondisinya akan senantiasa berubah mengikuti variable yang berkaitan sesuai dengan perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu. Dalam menganalisa transportasi suatu jaringan jalan, banyak ditemui keterbatasan dan kesulitan. Banyak waktu, tenaga dan biaya yang digunakan untuk menganalisa dan mengetahui kinerja lalu lintas. Dalam hal ini untuk mempermudah analisa dalam suatu penelitian dari segi biaya, waktu dan tenaga dibutuhkan suatu alat bantu berupa aplikasi permodelan lalu lintas.. Salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan adalah aplikasi PTV Vissim 9. Model Vissim itu sendiri pada dasarnya merupakan given atau terdapat pengaturan yang telah di atur oleh penciptanya dengan karakteristik negara asalnya, yakni negara Jerman

### **Identifikasi Permasalahan**

Dari latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

1. Belum terdapatnya alat bantu dalam analisa kinerja lalu lintas yang sesuai dengan karakteristik wilayah studi. Sehingga dalam melakukan suatu penelitian dapat menghabiskan waktu, tenaga dan biaya banyak.
2. Hingga saat ini belum terdapat model simulasi Vissim 9 yang telah disesuaikan dengan karakteristik per wilayah studi, karena masih dalam setingan dasar yang merupakan implementasi dari karakteristik negara asalnya yakni Jerman, sehingga model simulasi Vissim 9 belum dapat digunakan untuk diterapkan dalam penelitian di Indonesia
3. Belum adanya kalibrasi model simulasi Vissim 9 yang sesuai dengan kondisi karakteristik Jaringan jalan di Indonesia yang di dalamnya terdiri dari kinerja ruas, simpang, jaringan jalan dan pejalan kaki yang telah disesuaikan dengan karakteristik lalu lintas di Indonesia.

### **B. Rumusan Masalah**

Dengan melihat permasalahan di atas dan keterbatasan yang ada maka yang menjadi bahan penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara mengkalibrasi kinerja jaringan jalan menggunakan software *Vissim 9* sesuai dengan karakteristik lalu lintas di Indonesia?
2. Apa saja variable yang digunakan di dalam permodelan Vissim 9 yang berpengaruh terhadap Nanalysis kinerja pada jaringan jalan, ruas jalan, kinerja persimpangan dan pejalan kaki?

## C. Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan kalibrasi model simulasi menggunakan *Software Vissim 9*, dalam rangka mendukung analisa dan penelitian lalu lintas agar lebih efektif dan efisien serta untuk mendukung pengembangan pembelajaran.

Ada pun tujuan adalah :

1. Mengetahui tahapan kalibrasi model simulasi *Vissim 9* terhadap karakteristik jaringan jalan Indonesia yang berkaitan dengan dengan kinerja ruas jalan, persimpangan dan karakteristik pengguna jalan.
2. Mengetahui manfaat penggunaan *software* simulasi permodelan dalam rangka mendukung penelitian berkaitan analisa lalu lintas

## A. MODEL KALIBRASI VISSIM

VISSIM adalah sebuah program simulasi mikroskopis yang digunakan untuk memodelkan arus lalu lintas multimoda. Menurut Aryandi (2014) melakukan penelitian menggunakan VISSIM dengan studi kasus di Simpang Mirotta Kampus Terban Yogyakarta. Dengan menginput data geometrik simpang, *volume* lalu lintas dan waktu sinyal, dapat dihasilkan data *output* berupa panjang antrian. Hasil tersebut kemudian dijadikan sebagai parameter dalam pengkalibrasian. Panjang antrian maksimum, minimum dan rata-rata hasil dari pemodelan dibandingkan dengan hasil dari pengamatan langsung di lapangan. Setelah tahap kalibrasi dan validasi, dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara simulasi dengan hasil di lapangan, namun terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada deviasi (penyebaran) hasil antrian.

## B. KALIBRASI DAN VALIDASI

Menurut (Zudhy dan Nurjanah, 2015) Kalibrasi pada VISSIM merupakan proses dalam membentuk nilai-nilai parameter yang sesuai sehingga model dapat mereplikasi lalu lintas hingga kondisi yang semirip mungkin. Proses kalibrasi dapat dilakukan berdasarkan perilaku pengemudi daerah yang diamati. Metode yang digunakan adalah *trial and error* dengan mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya mengenai kalibrasi dan validasi menggunakan VISSIM.

*GEH* merupakan rumus statistik modifikasi dari *Chi-squared* dengan menggabungkan perbedaan antara nilai relatif dan mutlak. Rumus *GEH* berikut ini memiliki ketentuan khusus dari nilai error yang dihasilkan seperti pada Tabel 1. Sedangkan rumus *MAPE* yang juga dikenal sebagai rata-rata deviasi persentase absolut tersebut adalah persentase perbedaan antara data yang sebenarnya dengan data perkiraan.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{simulated} - q_{observed})^2}{0,5 \times (q_{simulated} + q_{observed})}} \quad (1)$$

dengan:

$q$  = data volume arus lalu lintas (kendaraan/jam)

**Tabel 1** Kesimpulan dari Hasil Perhitungan Rumus Statistik *Geoffrey E. Havers*

GEH < 5,0	diterima
5,0 ≤ GEH ≤ 10,0	peringatan: kemungkinan model eror atau data buruk
GEH > 10,0	ditolak

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \quad (2)$$

dengan:

$n$  = banyaknya/jumlah data

$A_t$  = data lapangan/observasi

$F_t$  = data model simulasi

## A. METODE PENELITIAN

### A.2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan model simulasi VISSIM karena model simulasi ini merupakan perangkat lunak mikroskopik dengan metode stokastik yang mempunyai fasilitas kalibrasi yang membedakan dengan aplikasi model simulasi lain sehingga dapat menggambarkan perilaku pengemudi dan komposisi kendaraan. VISSIM mengandung model psycho-physical car following dan algoritma peraturan dasar untuk pergerakan kesamping (lateral behavior), yang menjadi karakteristik lalu lintas di Indonesia yang berbeda dengan karakteristik lalu lintas dan perilaku pengemudi yang ada di negara-negara maju, disamping itu bagi peneliti pribadi alasan kemudahan (ketersediaan model) dalam penggunaan model menjadi pertimbangan dalam penggunaan model simulasi ini. Setelah mengkaji beberapa studi terdahulu mengenai kalibrasi model VISSIM pada jalinan, maka tahap selanjutnya :

1. Melakukan pengumpulan data yang meliputi:
  - a. Data inventarisasi jalinan;
  - b. Data lalu lintas meliputi: Kecepatan pada jalinan dan volume lalu lintas;

2. Simulasi jaringan nyata ke dalam model VISSIM kondisi default
3. Kalibrasi parameter Behaviour melalui data pengamatan lapangan;
4. Kalibrasi parameter Behaviour melalui dari data lapangan
5. Kalibrasi parameter Behaviour dan perubahan lajur pada simulasi;
6. Perbandingan Hasil Kalibrasi;
7. Validasi Hasil Simulasi.

## B. Teknik Analisis Data

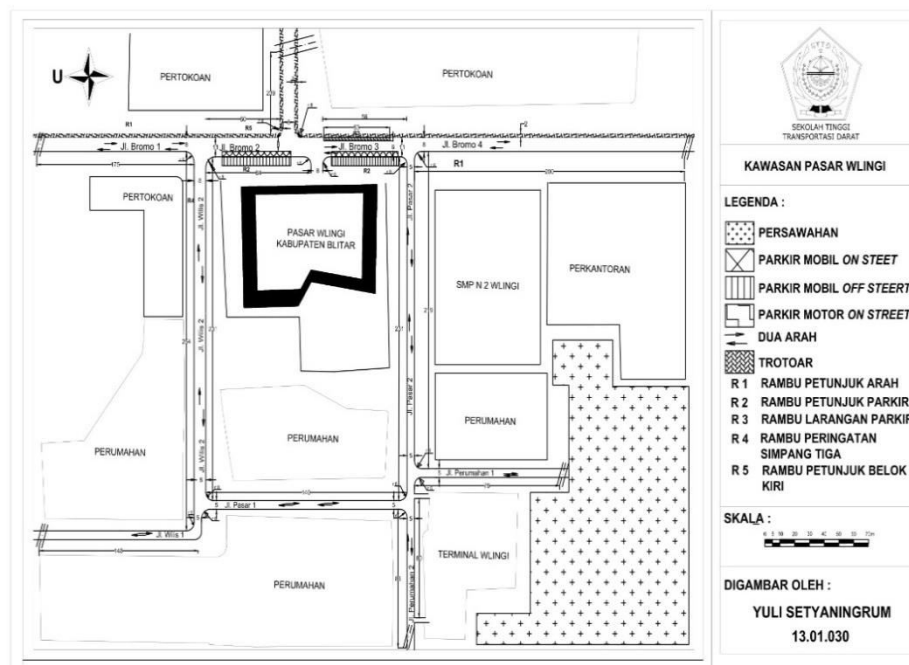
Dalam penelitian ini metode kalibrasi menggunakan kalibrasi kapasitas dengan kandidat-kandidat parameter seperti proporsi sepeda motor, perilaku pengemudi dalam mengambil permulaan jalinan, perilaku pengendara sepeda motor dalam menyiapkan.

## ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

### A. ANALISA KONDISI EKSISTING

#### 1. LINGKUP STUDI

Penelitian ini membahas mengenai perbandingan hasil vissim eksisting dengan model padakawasan Pasar Wlingi Kabupaten Blitar. Cakupan wilayah studi merupakan beberapa ruas yang ada di kawasan Pasar Wlingi Kabupaten Blitar. Berikut ini **Gambar V.1** Peta Kawasan Pasar Wlingi Kabupaten Blitar.

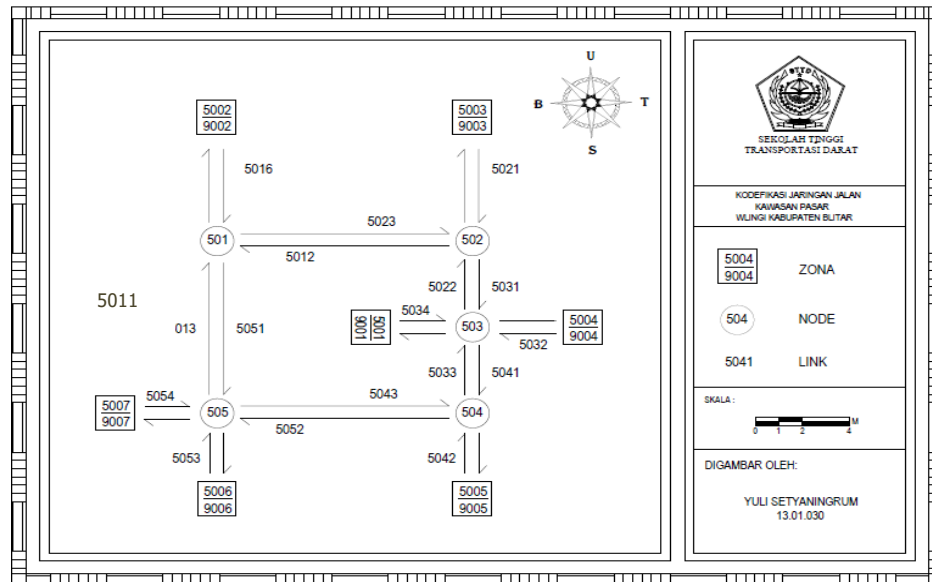


Sumber: Hasil Analisis, 2017

**Gambar V.1** Peta Kawasan Pasar Wlingi Kabupaten Blitar

## 2. DATA JARINGAN JALAN

Kawasan Pasar Wlingi Kabupaten Blitar merupakan pusat perdagangan dan jasa yang terletak pada jalur persimpangan yang tertumpu pada beberapa ruas jalan yang saling terhubung dan merupakan akses utama untuk keluar masuk kawasan pasar. Berikut merupakan peta kodefikasi jaringan jalan Pasar Wlingi Kabupaten Blitar ditunjukkan pada **Gambar V.2** di bawah ini.



Sumber: Hasil Analisis, 2017

### a. V/C Ratio

Perhitungan *V/C ratio* di dapatkan dari perhitungan volume di bagi dengan kapasitas jalan, yang mana perhitungan *V/C ratio* digunakan untuk mengetahui tingkat pelayanan pada ruas jalan. Perhitungan *V/C ratio* lebih lanjut ditunjukkan pada **Tabel V.5** di bawah ini.

**Tabel V.5 V/C Ratio Ruas Jalan Kawasan Pasar Wlingi**

No	Link	Nama Jalan	Volume		Kapasitas	V/C Ratio
			sm p/jam	Kendaraan/Jam		
1	5011	Wilis 1	259	929	702,22	0,37
2	5002	Wilis 1	258	925	702,22	0,37
3	5012	Wilis 2	501	1797	1274,13	0,39
4	5023	Wilis 2	498	1787	1274,13	0,39

No	Link	Nama Jalan	Volume		Kapasitas	V/C Ratio
			sm p/j am	Kendaraan/Jam		
5	5013	Pasar 1	278	1005	702,22	0,40
6	5051	Pasar 1	281	1019	702,22	0,40
7	5021	Bromo 1	499	1637	1429,51	0,35
8	5003	Bromo 1	492	1636	1429,51	0,34
9	5022	Bromo 2	765	2531	1274,13	0,60
10	5031	Bromo 2	768	2564	1274,13	0,60
11	5032	Ijen	538	1818	1274,13	0,42
12	5004	Ijen	541	1823	1274,13	0,42
13	5033	Bromo 3	873	2889	1028,25	0,85
14	5041	Bromo 3	877	2928	1028,25	0,85
15	5042	Bromo 4	565	1887	1274,13	0,44
16	5005	Bromo 4	569	1918	1090,95	0,52
17	5043	Pasar 2	450	1598	702,22	0,64
18	5052	Pasar 2	450	1604	702,22	0,64
19	5053	Perumahan 1	187	676	702,22	0,27
20	5006	Perumahan 1	186	672	702,22	0,26
21	5054	Perumahan 2	257	924	702,22	0,37
22	5007	Perumahan 2	254	910	702,22	0,36

**Sumber : Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Blitar 2016**

Dari **Tabel V.5** dapat diketahui bahwa ruas jalan yang memiliki *V/C ratio* tertinggi yakni Jalan Bromo 3 (link 5041 dan link 5033) dengan *V/C ratio* 0,85 Ruas jalan yang memiliki *V/C ratio* terendah yakni Jalan Perumahan 1(link 5006) dengan *V/C ratio* 0,26.

- b. Kecepatan Ruas Jalan  
Kecepatan ruas jalan pada Kawasan Pasar Wlingi Kabupaten Blitar ditunjukkan pada **Tabel V.6**.

**Tabel V.6**  
**Kecepatan Ruas Jalan Kawasan Pasar Wlingi**

No	Link	Nama Jalan	Kecepatan Per Arah (km/jam)
1	5011	Wilis 1	34
2	5002	Wilis 1	34
3	5012	Wilis 2	30
4	5023	Wilis 2	30
5	5013	Pasar 1	34
6	5051	Pasar 1	34
7	5021	Bromo 1	32
8	5003	Bromo 1	32
9	5022	Bromo 2	26,5
10	5031	Bromo 2	26,5
11	5032	Ijen	30
12	5004	Ijen	30
13	5033	Bromo 3	21,02
14	5041	Bromo 3	21,02
15	5042	Bromo 4	30
16	5005	Bromo 4	30
17	5043	Pasar 2	28,85
18	5052	Pasar 2	28,85
19	5053	Perumahan 1	35
20	5006	Perumahan 1	35



No	Link	Nama Jalan	Kecepatan Per Arah (km/jam)
21	5054	Perumahan 2	34,21
22	5007	Perumahan 2	34,21

Sumber: Laporan Umum Tim PKL Kabupaten Blitar 2016

Berdasarkan **Tabel V.6** dapat diketahui bahwa ruas jalan yang memiliki kecepatan tertinggi adalah Jalan Perumahan 1(link 5053 dan link 5006) dengan kecepatan sebesar 35 km/jam. Sedangkan kecepatan terendah yakni terdapat pada Jalan Bromo 3 (link 5041 dan link 5033) dengan kecepatan sebesar 21,02 km/jam.

### B. IDENTIFIKASI PERMASALAHAN

#### 1. Kinerja Lalu Lintas Pada Kondisi Sekarang (Eksisting) 2016

Dari hasil analisis data pada proses pembebanan ruas jalan dan persimpangan, dapat diketahui bahwa kinerja lalu lintas pada Kawasan Pasar Wlingi Kabupaten Blitar telah menunjukkan adanya permasalahan. Permasalahan ini terjadi pada saat jam sibuk dan diruas jalan yang mempunyai aktifitas kegiatan tinggi seperti ruas jalan yang berada disekitar daerah pertokoan. Berikut **Tabel V.39** merupakan hasil kinerja ruas jalan pada Kawasan Pasar Wlingi.

**Tabel V.39** Unjuk Kinerja Ruas Jalan Pada Kawasan Pasar Wlingi

No	Link	Nama Jalan	Volume		Kapasi- as	V/C Ratio	Tingkat Pelayanan
			smp/jam	Kendaraan/ Jam			
1	5011	Wilis 1	259	929	702,22	0,37	B
2	5002	Wilis 1	258	925	702,22	0,37	B
3	5012	Wilis 2	501	1797	1274,13	0,39	B
4	5023	Wilis 2	498	1787	1274,13	0,39	B
5	5013	Pasar 1	278	1005	702,22	0,40	B
6	5051	Pasar 1	281	1019	702,22	0,40	B

No	Link	Nama Jalan	Volume		Kapasitas	V/C Ratio	Tingkat Pelayanan
			smp/jam	Kendaraan/Jam			
7	5021	Bromo 1	499	1637	1429,51	0,35	B
8	5003	Bromo 1	492	1636	1429,51	0,34	B
9	5022	Bromo 2	765	2531	1274,13	0,60	C
10	5031	Bromo 2	768	2564	1274,13	0,60	C
11	5032	Ijen	538	1818	1274,13	0,42	B
12	5004	Ijen	541	1823	1274,13	0,53	C
13	5033	Bromo 3	873	2889	1028,25	0,85	D
14	5041	Bromo 3	877	2928	1028,25	0,85	D
15	5042	Bromo 4	565	1887	1274,13	0,44	B
16	5005	Bromo 4	569	1918	1274,13	0,52	C
17	5043	Pasar 2	450	1598	702,22	0,64	C
18	5052	Pasar 2	450	1604	702,22	0,64	C
19	5053	Perumahan 1	187	676	702,22	0,27	B
20	5006	Perumahan 1	186	672	702,22	0,26	B
21	5054	Perumahan 2	257	924	702,22	0,37	B
22	5007	Perumahan 2	254	910	702,22	0,36	B

## 2. Kinerja Jaringan Jalan Pada Kondisi Sekarang (Eksisting) 2016

Secara makro dapat diketahui bahwa kinerja lalu lintas pada jaringan jalan Kawasan Pasar Wlingi terdapat permasalahan. Berdasarkan hasil pembebanan yang dilakukan dengan *software Vissim* pada jaringan jalan di Kawasan Pasar Wlingi menunjukkan perlu dilakukannya penanganan. Kinerja jaringan jalan eksisting ditunjukkan pada **Tabel V.40** berikut ini.

**Tabel V.40** Kinerja Jaringan Jalan Kondisi Sekarang (Eksisting)

No	Parameter	Total
1	Total Waktu Perjalanan (detik)	1876,51
2	Total Jarak Perjalanan (m)	5.111,76
3	Waktu Tundaan Rata-Rata (detik)	33,45
4	Kecepatan Rata-Rata (Km/Jam)	29,42

Dari **Tabel V.40** diatas, maka dapat diketahui kondisi transportasi pada Kawasan Pasar Wlingi menunjukkan bahwa kinerja jaringan jaringan jalan kondisi pada saat sekarang (eksisting) memiliki tundaan rata-rata 33,45 detik dan kecepatan perjalanan 29,42 km/jam. Total jarak perjalanan 5.111,76 km, total waktu perjalanan 1.876,51 detik.

### C. Kalibrasi VISSIM

1. Metode pengambilan data di lapangan tiap parameter

VISSIM MERUPAKAN ALAT YANG DIGUNAKAN UNTUK MELAKUKAN SIMULASI TRANSPORTASI DALAM BERBAGAI MACAM SIMULASI. MODEL INI TENTUNYA HARUS DISESUAIKAN DENGAN KONDISI LAPANGAN AGAR MODEL DAPAT MEREPRESENTASIKAN KONDISI SEBENARNYA. SEDANGKAN PARAMETER-PARAMETER VISSIM ANTARA LAIN DIBAGI MENJADI TIGA, YAITU TERKAIT DENGAN CAR FOLLOWING, LANE CHANGING DAN LATERAL BEHAVIOUR. ADAPUN HASIL DARI PENGUMPULAN DATA PARAMETER YANG DILAKUKAN DENGAN METODE PENGAMATAN LAPANGAN DAPAT DILIHAT PADA TABEL BERIKUT:

**Tabel 1.** Hasil Pengamatan Lapangan Kalibrasi Parameter Model VISSIM

PARAMETER	DEFAULT VALUE	CALIBRATED VALUE
<b>Driving behaviour parameters</b>		
<b>Look Ahead Distance (m)</b>		
Minimum	0	0
Maximum	250	225

PARAMETER	DEFAULT VALUE	CALIBRATED VALUE
Number of observed vehicles	4	8
<b>Look Back Distance (m)</b>		
Minimum	0	15
Maximum	150	100
<b>Lane change</b>		
Waiting time before diffusion (s)	60	180
Minimum headway (m)	0.5	0.3
<b>Lateral behaviour</b>		
Desired position at free flow	Middle	Any
Diamond shaped queuing	No	Yes
Consider next turning direction	No	Yes
Overtake on same lane	No	On left and right
Min. lateral distance at 0 & 50 kmph (m)		
Motorcycle	1 dan 1	0.1 dan 0.3
Car	1 dan 1	0.2 dan 1.0
Truk	1 dan 2	0.5 dan 1.5

Sedangkan untuk langkah kedua dengan melakukan proses kalibrasi parameter yaitu untuk mendapat parameter dari parameter Wiedemann 1974 seperti : *Average Standstill Distance*, *Additive part of desired safety distance* dan *Multiplicative part of desired safety distance*. Dengan menggunakan metode Trial Error, yaitu mensimulasikan set nilai parameter dengan beragam nilai sheet random dan membandingkan dengan kondisi lapangan. Hasil Evaluasi jaringan dilakukan untuk menguji apakah set parameter default menyediakan hasil yang dapat diterima secara statistik. Pengulangan sebanyak 5 pengulangan simulasi VISSIM dengan data set parameter coba-coba. Pengujian data tersebut dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

**Tabel 2.**

Evaluasi Jaringan terhadap Parameter Car Following dengan *Metode Trial Error*

BASE DATA DRIVING BEHAVIOUR PARAMETER SETS	DEFAULT	SIMULASI				
		1	2	3	4	5
Average Standstill Distance	2	1.45	<b>1.35</b>	1.15	1.25	1.45
Additive part of desired safety distance	3	1.25	<b>0.25</b>	2.25	1.25	0.25
Multiplicative part of desired safety distance	3	2.35	<b>0.35</b>	0.35	0.35	1.35
Evaluation						
Average Simulated	101	115	149	190	174	188
Average Observed	158	158	158	158	158	158
% error	36.108	27.182	<b>5.320</b>	-20.656	-10.417	-19.118
RMSE	74.601	28.539	41.215	47.961	44.498	45.705
T-Test	0.023	0.089	<b>0.766</b>	0.286	0.575	0.313

### DAFTAR PUSTAKA

Undang Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalulintas dan Angkutan Jalan, 2009, Jakarta.

Sugiyono, (2007), "*Statistik Untuk Penelitian*", Edisi kedua belas, Alfabeta, Bandung.

*Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum*, Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997, Jakarta.

*Wright, Paul H., Ashford, Norman J.*, Transportation Engineering : Planning and Design, Third Edition, 1989, John Wiley and Sons Inc., Canada

David A Hensher, Kenneth J Button. (2000). Handbook of Transport Modelling, Elsevier Science Ltd. United Kingdom.

F D Hobbs. (1979). Traffic Planning And Engineering, second edition, Pergamon Press, England.

Ortuzar J D, and Wilumsen L G.(1994). Modelling Transport, second edition, John Wiley & Sons, Chichester, England.

