

OPTIMALISASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL DENGAN MENGGUNAKAN MIKROSIMULASI VISSIM

Hasmar Halim¹⁾, Ismail Mustari¹⁾, Paulus Ala¹⁾, Kissan²⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

²⁾ Staf PLP Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Traffic characteristics at the Todopuli Raya Timur intersection for each road section are known to have a traffic volume of 2,409 vehicles/hour at Jalan Toddopuli Raya Timur, 1,545 vehicles/hour at the foot of the Jalan Toddopuli Raya intersection, 1,435 vehicles/hour at the Jalan Toddopuli Raya Timur intersection. the foot of the Jalan Anggrek Raya intersection. and 1,571 vehicles/hour at the foot of the Jalan Toddopuli Tujuh intersection. The results of the evaluation of the performance of the signalized intersection at the Toddopuli Raya Timur intersection based on the average vehicle delay, the level of service "D" is obtained in the morning with a delay of 52,341 seconds / vehicle, during the day the delay is 73.365 seconds/vehicle is obtained with level of servic "E" while in the afternoon it is obtained the same level of service, namely "E" with a delay of 58,734 seconds/vehicle. The results of simulation optimization using VISSIM software are dominated by service level E, but by using 4 phases with a cycle time of 100 seconds, the delay is 54.41 seconds/kend or with level of service "D".

Keywords: *Vissim, Microsimulation, Level of Service, Delay*

1. PENDAHULUAN

Daya tarik perkotaan sebagai penyedia berbagai fasilitas sosial, bisnis, dan budaya yang membuka peluang ekonomi melahirkan urbanisasi. Hal ini telah terjadi di berbagai negara, khususnya negara berkembang yang membutuhkan tenaga kerja dan memiliki target pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Namun tidak semua negara siap menanggapi isu urbanisasi ini. Urbanisasi akan meningkat seiring dengan kebutuhan akan perjalanan dan dengan ketidaksiapan fasilitas transportasi, kemacetan umumnya terjadi. Kemacetan lalu lintas merupakan permasalahan yang sudah lama terjadi di kota-kota besar Indonesia. Kemacetan lalu lintas yang terjadi sudah sangat mengganggu aktivitas penduduk. Kemacetan akan menimbulkan berbagai dampak negatif, baik terhadap pengemudi maupun ditinjau dari segi ekonomi dan lingkungan. Bagi pengemudi kendaraan, kemacetan akan menimbulkan ketegangan (stress). Selain itu juga akan menimbulkan dampak negatif ditinjau dari segi ekonomi berupa kehilangan waktu karena waktu perjalanan yang lama serta bertambahnya biaya operasi kendaraan [1].

Dampak lain yang ditimbulkan dari permasalahan transportasi adalah meningkatnya angka kecelakaan. Kota Makassar sebagai kota terbesar di Sulawesi Selatan juga merupakan salah satu kota yang memiliki aktivitas lalu lintas cukup tinggi dan termasuk kedalam golongan kota raya (metropolitan city). Kondisi lalu lintas di kota Makassar yang bersifat heterogen dimana kendaraan tumpah ruah dalam suatu jalan tanpa membedakan karakteristik dan fungsi dari kendaraan tersebut menyebabkan tingginya angka kecelakaan. Selama tahun 2015, di Makassar terjadi 810 kecelakaan yang melibatkan 932 sepeda motor. Korban meninggal mencapai 117 orang dengan 99 orang (84,62%) adalah pengendara sepeda motor. Selain itu, kerugian ekonomi akibat kecelakaan dengan korban meninggal dunia, kerugian material mencapai Rp. 1.887.930.000 [2]. Disisi lain Kota Makassar memiliki panjang jalan nasional sepanjang 35,64 km, jalan propinsi sepanjang 13,42 km, jalan kota sepanjang 1.527,4 km dan jalan tol sepanjang 17 km sehingga total panjang jalan yang ada di Kota Makassar 1.593,46 km. Sebagai Kota Metropolitan pembangunan dan pertumbuhan perekonomian di Kota Makassar yang relatif cepat, termasuk pertumbuhan penduduk, baik di wilayah perkotaan maupun periferi yang cenderung tidak terkendali. Salah satu konsekuensinya pertumbuhan kendaraan tidak sebanding dengan pertumbuhan jalan hanya 1 - 35 km pertahunnya atau hanya mengalami pertumbuhan sebanyak 0.8 - 2% saja. Data jumlah kendaraan yang menyatakan pertumbuhan kendaraan mencapai 15% -16% pertahunnya atau sebanding dengan 8 kali - 18.75 kali daripada tingkat pertumbuhan jalan kota [3].

Salah satu simpang di kota Makassar yang memiliki volume kendaraan yang besar dan kapasitas simpang yang terbatas adalah Simpang KPU Kota Makassar. Simpang ini terletak di daerah kawasan Panakukang, dimana kawasan ini merupakan kawasan pusat perbelanjaan dan perumahan yang ada di Kota

¹ Korespondensi penulis:: Hasmar Halim, Telp 08124180242, hasmar29@poliupg.ac.id

Makassar. Disamping itu, daerah ini merupakan pelintasan lalu lintas dari pergerakan kendaraan dari Selatan menuju ke Utara begitupun sebaliknya. Tingginya pergerakan kendaraan di kawasan ini menyebabkan kemacetan, tundaan dan antrian yang sangat tinggi. Disisi lain perilaku pengendara baik kendaraan bermotor dan tak bermotor antara perilaku menyerobot waktu merah makin memperparah kemacetan di kawasan ini, walaupun pada simpang ini telah terpasang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) dengan metode waktu tetap akan tetapi seakan tidak berfungsi untuk mengantisipasi hal tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dibuat suatu analisis terkait kinerja suatu simpang bersinyal sehingga dapat diantisipasi perkembangan lalu lintas sekarang ini dan dimasa yang akan datang. Saat ini pedoman transportasi di Indonesia yang digunakan untuk melakukan analisis dan perancangan jalan adalah Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Pedoman ini, sejak dirumuskan hingga sekarang ini belum dilakukan revisi untuk mengantisipasi perkembangan lalu lintas di Indonesia. Seiring dengan perkembangan transportasi di Indonesia, MKJI 1997 dianggap sudah kurang relevan sehingga perlu dievaluasi kembali [4], [5].

Dengan perkembangan transportasi yang semakin berkembang dan kemajuan teknologi transportasi, maka MKJI 1997 juga dirasa harus mengikuti perkembangan yang ada. Saat ini penggunaan teknologi semakin banyak digunakan pada pekerjaan di bidang apapun. Untuk bidang transportasi Teknik Sipil, terdapat beberapa perangkat lunak salah satunya adalah software VISSIM yang berbasis simulasi lalu lintas. Verkehr in Stadten SIMulationsmodel adalah software yang mensimulasikan lalu lintas mikroskopik, transportasi umum dan pejalan kaki. Pemodelan dan simulasi sistem transportasi kini semakin diminati karena kemudahannya dalam proses pergantian berbagai skenario dengan tetap melihat potensi yang dapat diimplementasikan di lapangan. Salah satu keunggulan software ini adalah dapat mensimulasikan menyerupai kondisi transportasi di lapangan, memiliki parameter yang cukup lengkap, seperti kalibrasi pada driving behavior yang dapat menyerupai karakteristik pengendara di setiap daerah. VISSIM termasuk dalam perangkat lunak dengan kategori mikroskopik yang memiliki keunggulan yaitu dapat memodelkan berbagai jenis kendaraan termasuk sepeda motor dan kendaraan tidak bermotor [6].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Kota Makassar. Adapun simpang bersinyal yang dijadikan obyek studi adalah Simpang Toddopuli Raya. Waktu penelitian direncanakan selama 8 (delapan) bulan dalam periode Tahun 2021.

2.2. Teknik Pengambilan dan Pengolahan Data

Data sekunder yang digunakan adalah berupa foto udara yang diambil dari Google Earth guna memudahkan dalam penggambaran/pembuatan jaringan jalan pada VISSIM dan data jumlah penduduk kota Makassar. Sedangkan data primer yang dikumpulkan adalah berupa data inventarisasi/geometrik jalan yang dilakukan secara manual menggunakan walking measure, data volume arus lalu lintas yang dihitung menggunakan metode traffic counting pada selama 12 jam dari jam 06.00-18.00 dengan menggolongkan jenis kendaraan menjadi 15 macam, data panjang antrian tiap lengan simpang yang dihitung dan diamati secara manual, serta kecepatan masing-masing jenis kendaraan yang dihitung menggunakan metode journey speed. Tipe kendaraan yang digunakan pada penelitian ini adalah sepeda (UM), sepeda motor (MC), motor bak (MC), becak (UM), andong (UM), sedan (LV), city car (LV), MPV (LV), SUV (LV), mobil bak (LV), mobil boks (LV), bus kecil (HV), bus besar (HV), truk kecil (HV), dan truk besar (HV).

Proses validasi dilakukan berdasarkan jumlah volume arus lalu lintas dan panjang antrian. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan rumus dasar Chi-squared berupa rumus statistik Geoffrey E. Havers (GEH) (Gustavsson, 2007) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). 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 [7].

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

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

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

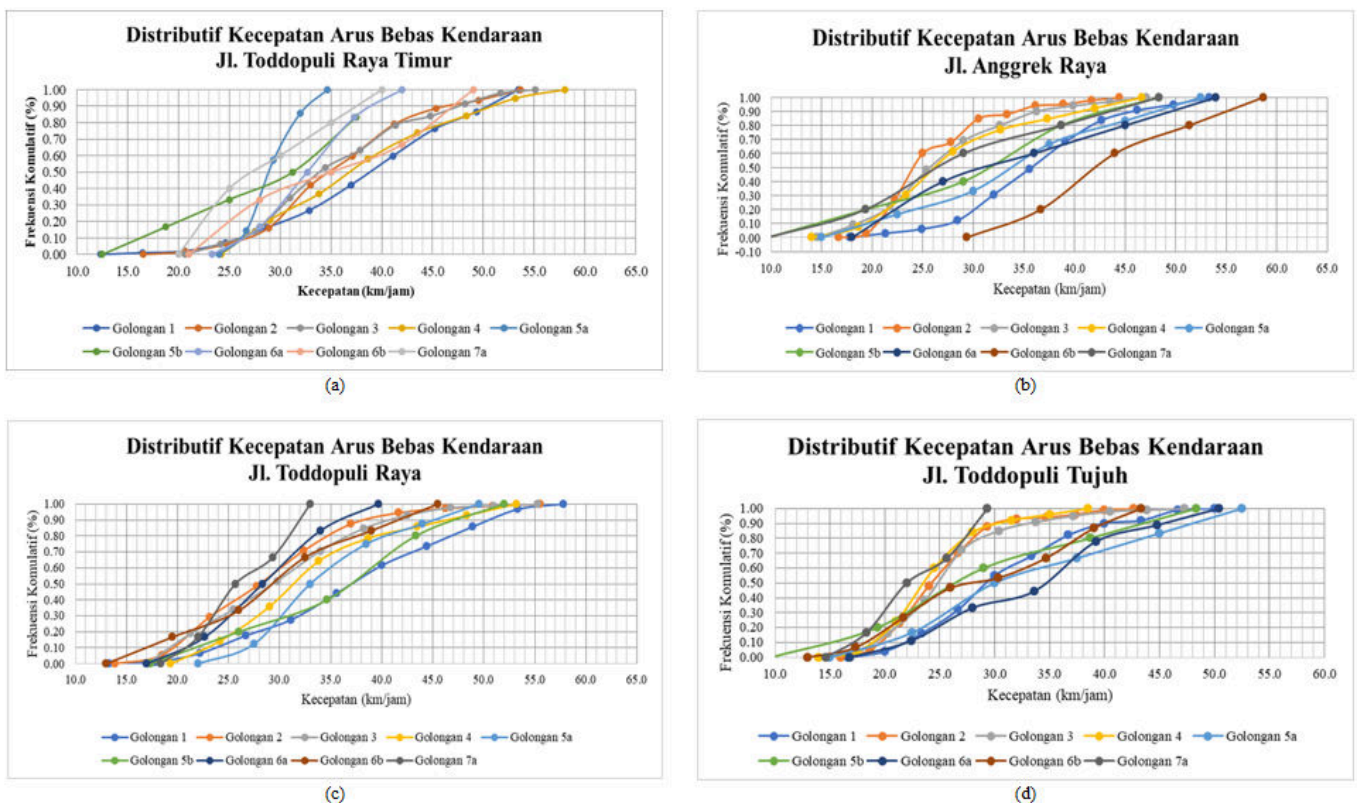
dengan:

- n = banyaknya/jumlah data
- A_t = data lapangan/observasi
- F_t = data model simulasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan kendaraan sangat mempengaruhi operasional lalu lintas di persimpangan sehingga perlu dibahas lebih lanjut terkait profil kecepatan kendaraan. Pada Gambar 1 (a-d) di bawah akan ditampilkan grafik profil kecepatan arus bebas tiap jenis kendaraan dari hasil survei lapangan di Simpang Empat Jalan Toddopuli Raya Timur – Jalan Anggrek Raya – Jalan Toddopuli Raya – Jalan Toddopuli Tujuh. Gambar 1 (a-d) menunjukkan bahwa frekuensi kecepatan kendaraan disimpang empat Jalan Toddopuli Raya Timur – Jalan Anggrek Raya – Jalan Toddopuli Raya – Jalan Toddopuli Tujuh cenderung terdistribusi dengan normal untuk kondisi kepadatan jalan yang terjadi pada simpang tersebut. Dari keempat grafik diatas juga menunjukkan bahwa frekuensi distribusi kecepatan untuk semua jenis kendaraan disetiap ruas hampir sama kecuali pada ruas Jalan Toddopuli Tujuh memiliki nilai kecepatan lebih rendah dibandingkan dengan tiga ruas jalan lainnya.



Gambar 1. Distribusi kecepatan

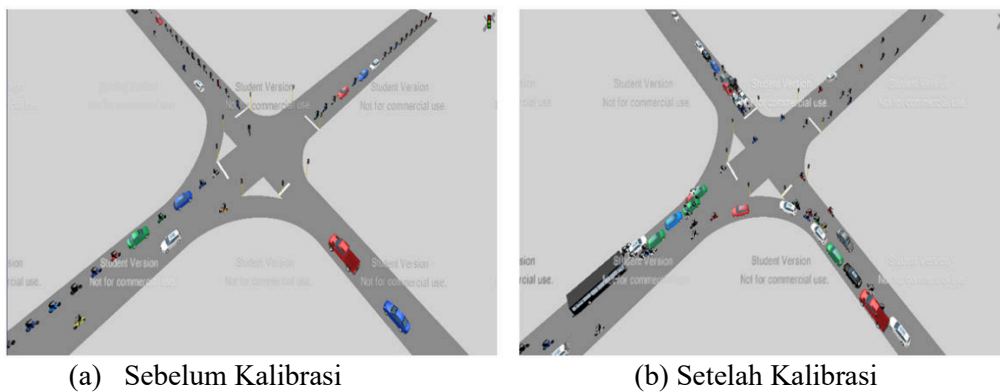
3.2. Kalibrasi dan Validasi

Kalibrasi dilakukan dengan metode *trial and error* hingga mencapai hasil yang mendekati data observasi. Nilai parameter perilaku pengemudi diubah sesuai dengan perkiraan kondisi di lapangan yang berlaku. Proses kalibrasi ini dilakukan dengan mengubah hingga mencapai hasil yang mendekati data observasi. Parameter yang dipilih dalam proses kalibrasi adalah pada segmen Jalan Masjid, ini terdapat dan proses *trial and error*. Pada tabel berikut menggambarkan hasil untuk volume arus lalu lintas pada *trial ke-n* yang dinyatakan bahwa setelah diuji menggunakan analisis statistik uji GEH, hasilnya dapat diterima. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi *Vissim* pada *trial ke-n* sudah menyerupai kondisi di lapangan. Adapun nilai kalibrasi dan hasil kalibrasi dalam Uji GEH diperlihatkan pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil kalibrasi dengan Uji Geoffrey E. Havers (GEH) pada volume lalu lintas

Waktu	Ruas jalan	Q Observasi	Q Simulasi	Nilai GEH	Kesimpulan
Pagi	Toddopuli Raya	1.374	1.512	1,48	diterima
	Anggrek Raya	956	978	0,29	diterima
	Toddopuli Raya Timur	2.704	2.490	1,71	diterima
	Toddopuli Tujuh	2.022	1.512	4,95	diterima
Siang	Toddopuli Raya	1.411	1.032	4,43	diterima
	Anggrek Raya	1.102	972	1,65	diterima
	Toddopuli Raya Timur	2.121	1.668	4,25	diterima
	Toddopuli Tujuh	1.333	1.314	0,21	diterima
Sore	Toddopuli Raya	1.850	1.812	0,36	diterima
	Anggrek Raya	2.248	1.872	3,38	diterima
	Toddopuli Raya Timur	2.403	2.124	2,39	diterima
	Toddopuli Tujuh	1.357	1.170	2,15	diterima

Pada proses ini, dengan menggunakan Uji GEH maka hasil simulasi diharapkan mempunyai nilai GEH sebesar < 5 . Dari Tabel 2 diperlihatkan bahwa simulasi di Simpang Toddopuli raya Timur yang dilakukan pada pagi hari nilai GEH dicapai pada trial ke 32 dengan nilai sebesar 0,29 hingga 4,95 pada kondisi pagi hari. Sedangkan pada kondisi siang hari nilai GEH yang diperoleh berkisar 0,21 hingga 4,43 dan pada kondisi sore hari nilai GEH yang diperoleh sebesar 0,36 sampai 3,38. Berdasarkan data di atas, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan jumlah kendaraan antara data yang diinput dengan data yang keluar namun tidak signifikan dan masih dapat ditolerir. Sehingga dapat diasumsikan bahwa hasil simulasi mendekati dengan observasi di lapangan. Secara visualisasi, hasil pemodelan simulasi sebelum dikalibrasi dan setelah di kalibrasi ditampilkan pada Gambar 2. Setelah proses kalibrasi berakhir, validasi dilakukan untuk menguji kebenaran kalibrasi yang telah dilakukan. Pada gambar 2.a dan 2.b memperlihatkan tampilan visual pada *software VISSIM* sebelum dan sesudah kalibrasi, dimana sebelum terkalibrasi arus kendaraan sangat teratur dan berada pada lajur masing-masing, dan jarak antar kendaraan pun sangat teratur. Sedangkan setelah terkalibrasi arus kendaraan menjadi tidak teratur dan jarak antar kendaraan begitu rapat. Hal ini menunjukkan perilaku pengemudi yang sesuai dengan kondisi di lapangan



Gambar 2. Tampilan 3D model simulasi pada Simpang Toddopuli Raya Timur

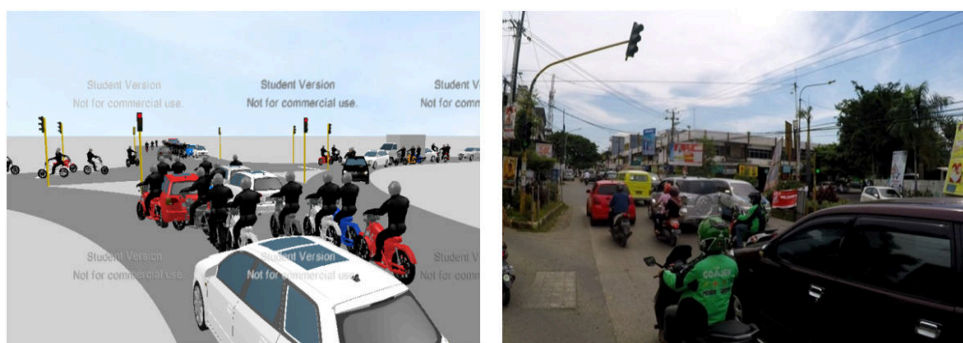
Setelah proses kalibrasi berakhir, validasi dilakukan untuk menguji kebenaran kalibrasi yang telah dilakukan. Proses validasi dilakukan dengan metode analisis statistik uji T. Variabel yang digunakan untuk proses validasi adalah dengan menggunakan variabel kecepatan, adapun hipotesis dalam uji ini menyatakan apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara volume lalu lintas hasil observasi dengan hasil simulasi sebagaimana yang telah digambarkan dalam Tabel 3. Adapun perumusan hipotesa dan hasil dari analisis statistik uji T seperti pada Tabel 3 berikut ini:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$, Tidak ada perbedaan rata-rata antara data hasil observasi dengan hasil simulasi
- $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$, Ada perbedaan rata-rata antara data hasil observasi dengan hasil simulasi

Tabel 3. Hasil validasi dengan uji *Chi-Square* pada panjang antrian kendaraan

Hasil	Nama Pendekat	Panjang Antrian		
		Pagi	Siang	Sore
Observasi	Toddopuli Raya Timur (TRT)	36.6	46.5	43.9
	Toddopuli Raya Timur (TR)	7.0	42.3	31.4
	Anggrek Raya (AR)	11.8	36.4	41.9
	Toddopuli Tujuh (TT)	28.4	16.4	45.3
Simulasi	Toddopuli Raya Timur (TRT)	39.3	48.8	45.4
	Toddopuli Raya Timur (TR)	7.4	51.8	32.2
	Anggrek Raya (AR)	12.6	39.5	49.1
	Toddopuli Tujuh (TT)	30.1	17.9	50.2
<i>Chi-square</i> Hitung		4.183		
<i>Chi-square</i> Tabel		12.592		
p-value		0,246		
Kesimpulan		Diterima		

Dari Tabel 3 diketahui bahwa T_{hitung} pada taraf signifikansi 0,05 dengan derajat kebebasan sebesar 3 sebesar 4.183 sedangkan pada taraf signifikansi dan derajat kebebasan yang sama diketahui T_{tabel} mempunyai nilai sebesar 12.592, maka dapat disimpulkan bahwa $T_{hitung} < T_{tabel}$ atau H_0 diterima yang berarti tidak ada perbedaan rata-rata antara data hasil observasi dengan hasil simulasi. Begitu juga dengan nilai probabilitas (α -value) yang ditunjukkan dalam Tabel 10 diketahui sebesar 0,246 nilai ini lebih besar dari 0,05 (α -value > 0,05) dengan demikian dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima. Dengan demikian berarti model simulasi memenuhi syarat yang berarti tidak ada perbedaan yang signifikan antara kecepatan observasi dengan kecepatan simulasi sehingga dengan demikian model simulasi dinyatakan valid. Visualisasi yang ditampilkan pada Gambar 3 merupakan contoh kondisi visualisasi pada lokasi studi yaitu di Simpang Jalan Toddopuli Raya Timur yang memperlihatkan model simulasi tidak terlalu jauh berbeda dengan gambaran di lapangan dimana posisi kendaraan serta jarak antar kendaraan depan belakang maupun samping kiri kanan sudah menunjukkan posisi yang hampir serupa. Ini berarti model simulasi yang telah dibuat sudah valid



Gambar 3. Visualisasi 3D pada Simpang Jalan Toddopuli Raya Timur

3.3. Evaluasi Tingkat Kinerja

Analisis kinerja persimpangan terkoordinasi dengan optimasi adalah upaya untuk mengoptimalkan waktu siklus pada persimpangan terkoordinasi menggunakan program PTV Vissim 8 dilakukan dengan cara *trial error* atau mencoba-coba nilai waktu siklus di kedua persimpangan yang ditinjau agar mendapatkan nilai tundaan terendah. Hasil kinerja persimpangan setelah dikoordinasi dengan optimasi waktu siklus dengan menggunakan program PTV Vissim 8 didapatkan waktu siklus sebesar 100 detik dengan hasil tundaan

rata-rata (det/kend) pada persimpangan Toddopuli Raya Timur yaitu sebesar 54,41 det/kend yang selengkapnya disajikan dalam Tabel berikut.

Tabel 2. Optimalisasi tingkat kinerja dengan menggunakan mikrosimulasi

Waktu Siklus	2 Fase		3 Fase		4 Fase	
	Tundaan	Kinerja	Tundaan	Kinerja	Tundaan	Kinerja
60	65,65	E	69,34	E	67,01	E
70	66,93	E	72,04	E	75,72	E
80	61,23	E	63,22	E	67,66	E
90	69,75	E	62,82	E	65,78	E
100	69,63	E	60,31	E	54,41	D
110	62,00	E	65,10	E	68,24	E
120	63,80	E	68,74	E	74,28	E
130	68,02	E	69,50	E	66,83	E
140	67,87	E	70,66	E	69,29	E

4. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut: Karakteristik lalu lintas pada persimpangan Toddopuli Raya Timur setiap ruas jalan diketahui volume lalu lintas berturut-turut sebesar 2.409 kend/jam pada Jalan Toddopuli Raya Timur, 1.545 kend/ jam di kaki simpang Jalan Toddopuli Raya, 1.435 kend/jam di kaki simpang Jalan Anggrek Raya dan sebesar 1.571 kend/jam pada kaki simpang Jalan Toddopuli Tujuh. Hasil evaluasi kinerja simpang bersinyal di Persimpangan Jalan Toddopuli Raya Timur didasarkan dengan tundaan rata-rata kendaraan diperoleh tingkat pelayanan D pada pagi hari dengan tundaan sebesar 52,341 dtk/kend, pada siang hari diperoleh tundaan sebesar 73,365 dtk/kend dengan tingkat pelayanan E sedangkan pada sore hari diperoleh tingkat pelayanan yang sama yaitu E dengan tundaan sebesar 58,734 dtk/kend. Hasil optimalisasi simulasi dengan menggunakan software VISSIM didominasi tingkat pelayanan E akan tetapi dengan menggunakan 4 fase dengan waktu siklus sebesar 100 detik maka diperoleh tundaan sebesar 54,41 dtk/kend atau dengan tingkat pelayanan D.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Gustav, "Analisis kinerja ruas Jalan HOS Cokroaminoto akibat perkembangan lalu lintas di Yogyakarta," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, vol. 15, no. 2, pp. 167-177, 2012.
- [2] H. Halim, S. A. Adisasmitha, M. I. Ramli and S. H. Aly, "Pola dan determinan sosiodemografi kecelakaan lalu lintas di Kota Makassar," *Publikasi Hasil Penelitian*, vol. XL, pp. 25-34, 2017.
- [3] BPS Kota Makassar, *Makassar dalam Angka 2013*, Makassar: Kerjasama Badan Perencanaan Pembangunan Daerah dan Badan Pusat Statistik Kota Makassar, 2014.
- [4] Directorate General of Highways, *Indonesian Road Capacity Manual.*, Jakarta: Ministry of Public Works, 1997.
- [5] Munawar and I. A. Winnetou, "Penggunaan Software Vissim untuk evaluasi hitungan MKJI 1997 kinerja ruas jalan perkotaan (Studi Kasus : Jalan Affandi, Yogyakarta)," in *The 18th FSTPT International Symposium*, UNILA, Bandar Lampung, 2015.
- [6] N. H. Putri and M. Z. Irawan, "Mikrosimulasi mixed traffic pada simpang bersinyal dengan perangkat lunak Vissim," in *The 18th FSTPT International Symposium*, UNILA, Bandar Lampung, 2015.
- [7] R. A. E. Putra, "Optimasi green time simpang bersinyal dengan menggunakan PTV VISSIM dalam meningkatkan kinerja simpang," *BENTANG Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil* Vol. 6 No. 2 Juli 2018, vol. Vol. 6, no. No. 2, pp. 108 - 117, 2018.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada UP3M Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan dana sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.