

**Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software Ptv.Vissim
(Studi Kasus Simpang Bersinyal Pasar Stan Maguwoharjo, Kabupaten Sleman,
Daerah Istimewa Yogyakarta)**

Kevin Sumule¹, Ani Tjitra Handayani², Herna Puji Astutik³

^{1,2,3}Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Jl. Babarsari No 1. Depok, Sleman,
Yogyakarta, Telp: (0274) 485390, 486986 Fax: (0274) 487249

e-mail: : *¹kevinsumule19@gmail.com, ²ani.tjitra@itny.ac.id, ³herna@itny.ac.id

Abstrak

Kondisi lalu lintas pada kota Yogyakarta diwarnai oleh kepadatan yang tinggi, sehingga mengakibatkan kemacetan pada ruas jalan. Penelitian ini dilakukan pada Simpang Empat Pasar Stan Maguwoharjo, Sleman, Yogyakarta, dengan melakukan simulasi, analisis kinerja eksisting, dan alternatif lalu lintas simpang. Metode analisis yang digunakan adalah mikrosimulasi menggunakan software vissim, dengan melakukan kalibrasi simpang secara trial and error, mempertimbangkan perilaku pengemudi, melakukan uji GEH terhadap volume kendaraan. Berdasarkan hasil simulasi diketahui parameter kalibrasi tiap periode dipengaruhi oleh faktor volume kendaraan, jam puncak dan tidak puncak masing-masing pendekatan. Berdasarkan hasil penelitian data eksisting didapatkan panjang antrian terbesar terjadi pada pendekatan Jalan Raya Tajem (Selatan) sebesar 100 m pada jam 11:00-13:00, dan Jalan Raya Tajem (Utara) 85 m pada jam 11:00-13:00 sedangkan untuk panjang antrian terpendek terjadi pada pendekatan Jalan Pasekan (Timur) 40 m pada jam 11:00-13:00 dan Jalan Sabo (Barat) 50 m, nilai tundaan rata-rata 41,17/detik, dan untuk Level Of Service (LOS) rata-rata didapat dengan nilai D. Setelah dilakukan perbaikan waktu siklus dari 69 detik menjadi 60 detik, amber sebesar 6 detik menjadi 4 detik, kuning sebesar 3 detik tetap mengikuti waktu eksisting, sehingga didapat nilai Level Of Service (LOS) rata-rata dengan nilai C dan untuk nilai tundaan rata-rata sebesar 31,61/detik.

Kata kunci: Mikrosimulasi, kinerja Simpang, Vissim, Uji GEH.

Abstract

Traffic conditions in the city of Yogyakarta with a high density, where the existing storage capacity is not proportional to the volume of vehicles, resulting in congestion on the roads. This research was conducted at the Simpang Empat Stan Maguwoharjo Market, Sleman, Yogyakarta, by conducting simulations, analyzing existing performance, and alternative traffic intersections. The analytical method used is microsimulation using the vissim software, by performing intersection calibration by trial and error, considering the behavior of the driver, performing GEH on the volume of the vehicle. The results are based on simulations that the vehicle calibration parameters for each period are influenced by volume, peak and non-peak hours for each approach. Based on existing data research, it was found that the largest queue length occurred at Jalan Raya Tajem (South) of 100 m at 11:00-13:00, and Jalan Raya Tajem (North) 85 m at 11:00-13:00. The shortest queue length occurs at Jalan Pasekan (East) 40 m at 11:00-13:00 and Jalan Sabo (West) 50 m, the average delay value is 41.17/second, and for Level Of Service (LOS) the average is obtained with a value of D. After changing the time cycle from 69 seconds to 60 seconds, amber of 6 seconds to 4 seconds, green of 15 seconds still following the existing conditions, yellow of 3 seconds, so that the average Level Of Service (LOS) value is obtained with a value of C and for the average delay value of 31.61/second.

Keywords : Microsimulation, Intersection Performance, Vissim, GEH Test.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan kota pendidikan dan juga budaya yang mempunyai daya tarik tersendiri di mata masyarakat Indonesia maupun luar negeri sehingga harus membutuhkan pelayanan lalu lintas yang memadai. Adanya aktivitas kehidupan masyarakat yang semakin tinggi mengakibatkan peningkatan kepemilikan kendaraan sebagai sarana melakukan aktivitas sehari-hari. Sehubungan dengan hal tersebut lalu lintas semakin padat, sehingga tanpa pengaturan lalu lintas yang baik akan menimbulkan kemacetan dan kecelakaan yang dapat membahayakan jiwa manusia. Salah satu simpang bersinyal di kota Yogyakarta yang sering terjadi kemacetan terutama di jam-jam sibuk adalah simpang pada pasar STAN Maguwoharjo Yogyakarta.

Salah satu simpang bersinyal di kota Yogyakarta yang sering terjadi kemacetan terutama di jam-jam sibuk adalah simpang pada pasar STAN Maguwoharjo Yogyakarta. Simpang pada pasar ini merupakan simpang yang memiliki 4 lengan simpang, yang merupakan pertemuan antara ruas jalan, yaitu ruas jalan raya Tajem, jalan Sabo, dan jalan Raya Pasekan, yang berdekatan dengan kampus, pasar, perkantoran dan rumah sakit. Hal ini yang menyebabkan terjadinya kemacetan dan antrian sehingga diperlukan analisis kinerja eksisting dengan melakukan simulasi permodelan eksisting, dan alternatif perbaikan kinerja simpang yang ada.

Hasil model mikro - simulasi kondisi lalu lintas pada Simpang Mandai dengan menggunakan software Vissim melalui proses kalibrasi dan validasi model simulasi dengan menggunakan volume dan panjang antrian kendaraan di lapangan (Putri, 2015). Proses kalibrasi yaitu dengan mengubah nilai parameter perilaku pengemudi (*driving behavior*) yaitu *Average Standstill Distance* dan nilai *Lateral Distance Driving* (Saputra, 2016). Dapun untuk mengukur kinerja dengan metode manual adalah sebagai berikut:

2.1 Parameter Kinerja Simpang

Untuk mengukur kinerja suatu simpang dibutuhkan beberapa parameter yang perlu diperhatikan yaitu sebagai berikut sesuai MKJI 1997

a. Arus Lalu Lintas (Q)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) arus lalu lintas adalah jumlah unsur lalu lintas yang melalui titik tak terganggu di hulu, pendekat per satuan waktu smp/ jam.

b. Derajat Kejenuhan (DS)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) derajat kejenuhan adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas terhadap suatu pendekat. Derajat kejenuhan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$DS = Q/C$$

c. Kapasitas (C)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan dalam satu ruas jalan. Kapasitas jalan. Kapasitas simpang dihitung menggunakan rumus:

$$C = S \times g/c$$

Dimana:

C = Kapasitas Kejenuhan

S = Arus Jenuh (smp/jam)

g = Waktu Hijau (detik)

c = Waktu Siklus (detik)

d. Tundaan (D)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan oleh kendaraan untuk melalui suatu simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui suatu simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui suatu simpang tundaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$D_i = DT_i + DG_i \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

D_i = Tundaan Rata-rata Pendekat I (detik/smp)

DT_i = Tundaan Lalu Lintas Pendekat I (detik.smp)

DG_i = Tundaan Geometrik Rata-Rata Pendekat I (detik/smp)

e. Panjang Antrian

Menurut MKJI (1997) panjang antrian yaitu panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat dalam satuan meter. Panjang antrian dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

Untuk $DS > 0,5$

$$NQ1 = 0,25 \times C \times (DS-1) + \sqrt{(DS-1) + 8 \times (DS-0,5)C} \dots\dots\dots (2.4)$$

Untuk $DS < 0,5$: $NQ1 = 1$

f. Hambatan Samping (SF)

Menurut MKJI (1997) hambatan samping adalah interaksi antara arus lalu lintas dan kegiatan di samping jalan yang menyebabkan pengurangan terhadap arus jenuh di dalam pendekat.

2. *Level Of Service* (LOS)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) tingkat pelayanan atau LOS adalah suatu standar yang digunakan dalam HCM 85 Amerika Serikat dan menggambarkan keadaan arus lalu lintas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada table 2.1 Tingkat Pelayanan.

Tabel 2.1 Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (Detik)	Keterangan
A	<5	Baik Sekali
B	>5-15	Baik
C	>15-25	Sedang
D	>25-40	Kurang
E	>40-60	Buruk
F	>60	Buruk Sekali

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada simpang empat Pasar Stan Maguwoharjo, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Sumber : Google Maps (2021)

2.2. Pengumpulan Data

Dalam penelitian, data merupakan faktor yang sangat penting oleh sebab itu diusahakan semua data yang berkaitan dengan penelitian tersedia. Data-data tersebut meliputi:

1) Jenis Data:

a. *Data Primer*

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung melalui survei lapangan yang berupa :

- a) Data Geometrik Jalan
- b) Data Volume Kendaraan
- c) Data Kecepatan Kendaraan
- d) Data Panjang Antrian
- e) Data Waktu Siklus Lalulintas.

b. *Data Sekunder*

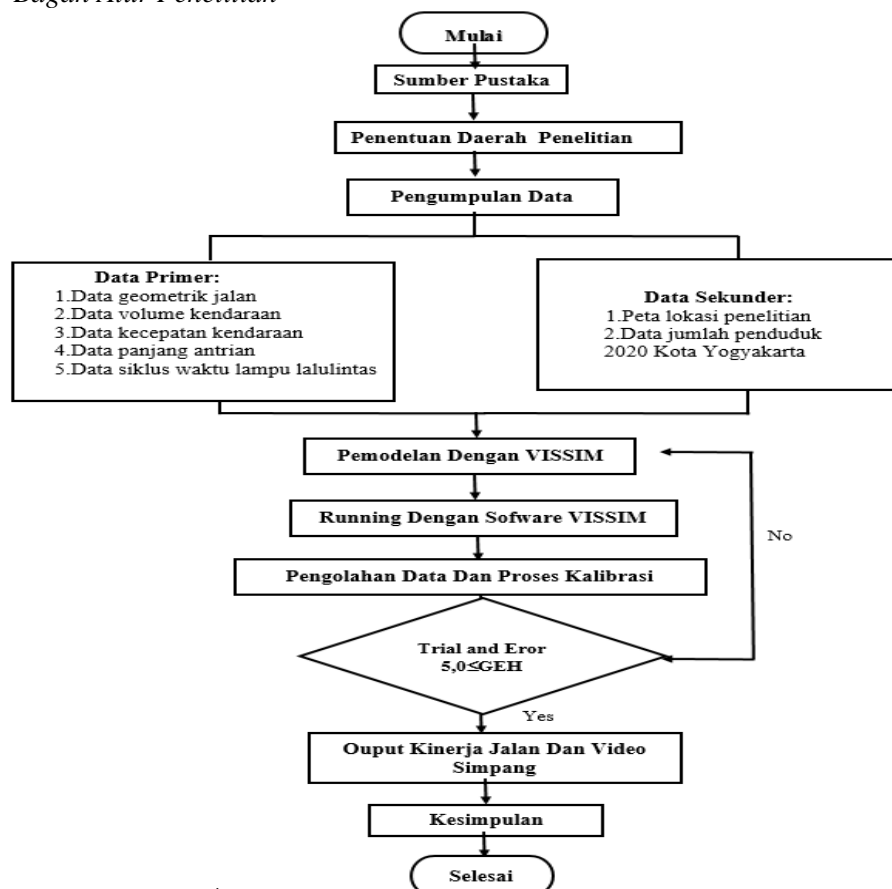
Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi pemerintah yang terkait. Adapun data yang diperoleh berupa :

- a) Peta Lokasi
- b) Data Jumlah Penduduk 2021 Kota Yogyakarta

2) *Surveyor*

Surveyor adalah orang-orang yang diberi tugas untuk melakukan pengamatan langsung dan melakukan pencatatan data di lapangan. *Surveyor* sebelum menjalankan tugasnya diberikan pengarahan tentang teknis di lapangan serta lokasi dimana *surveyor* menjalankan tugas.

2.3. Bagan Alur Penelitian



Gambar 2. Digram Alur Tugas Akhir

Sumber : Data penelitian

2.4. Analisis Data

Data yang dikumpulkan selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan hasil dari tujuan penelitian. Tahapan analisis data adalah sebagai berikut:

- a) Melakukan pengumpulan data di lapangan, yaitu : data geometrik jalan, data volume kendaraan, data kecepatan kendaraan, data panjang antrian, data volume kendaraan.
- b) Rekapitulasi terhadap data jenis kendaraan, kecepatan kendaraan, volume kendaraan, panjang antrian kendaraan menggunakan *software microsoft excel*.
- c) Memasukan data volume kendaraan, kecepatan kendaraan, waktu siklus data geometric kedalam *software vissim*.
- d) Melakukan running pada *software vissim* untuk mendapatkan data yang diperlukan.
- e) Melakukan *trial and error* pada data model dengan data eksisting menggunakan kalibrasi.
- f) Melakukan solusi perbaikan kinerja simpang dengan mengubah waktu siklus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kalibrasi Volume Kendaraan

Menurut Putri 2015

Untuk menghasilkan suatu output yang sesuai dengan realita di lapangan maka dilakukan kalibrasi dengan mengubah parameter-parameter perilaku pengemudi (driving behavior) secara trial and error selanjutnya dilakukan analisa dengan Uji GEH (Geoffrey E. Havers). Berdasarkan parameter yang ada pada software Vissim tersebut kemudian dilakukan proses kalibrasi terhadap volume kendaraan pada periode jam puncak (*peak hour*). Adapun hasil analisis setelah kalibrasi dengan uji GEH terhadap volume kendaraan diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai Kalibrasi Pada Simpang

Pendekat					
Hasil	Periode(jam)	Jalan Raya Tajem(utara)	Jalan Raya Tajem (selatan)	Jalan Sabo (barat)	Jalan Pasekan (timur)
Model	jam 16:00-17:00	1194	1488	636	540
Observasi	jam 16:00-	1282	1526	701	646
	GEH	2.501	1	3.448	4.532
Kesimpulan					
		Diterima	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber: (Hasil Analisis Permodelan,2021)

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil kalibrasi dengan uji GEH untuk semua pendekat di periode jam puncak sudah memenuhi syarat, dimana nilai yang diperoleh < 5 yang berarti model simulasi sudah dapat diterima atau sudah terkalibrasi.

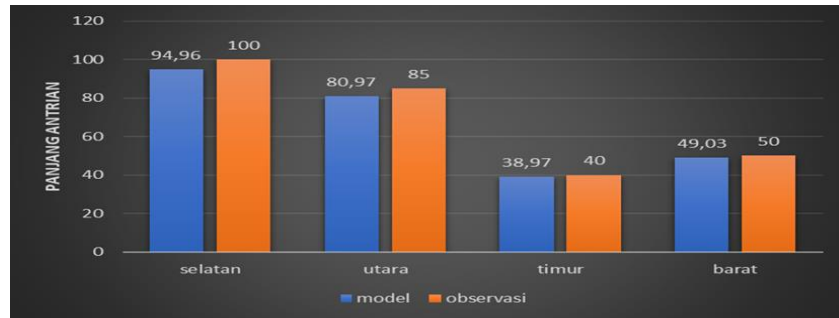
3.1.1. Hasil Perbandingan Panjang Antrian dengan Eksisting

Perbandingan panjang antrian hasil simulasi dengan panjang antrian hasil observasi akan diperlihatkan pada tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Panjang Antrian

Pendekat	Model (m)	Observasi (m)
Selatan	94,96	100
Utara	80,97	85
Timur	38,97	40
Barat	49,03	50

Sumber: (Hasil Analisis Permodelan,2021)



Gambar 3. Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Observasi
 Sumber: (Hasil Analisis Permodelan, 2021)

3.2. Hasil Pemodelan Eksisting

Pemodelan pada kondisi ini dilakukan untuk mengetahui kondisi tingkat pelayanan pada simpang dengan cara memasukkan data volume lalu lintas yang telah didapat di lapangan.

Tabel 3. Hasil Permodelan Program

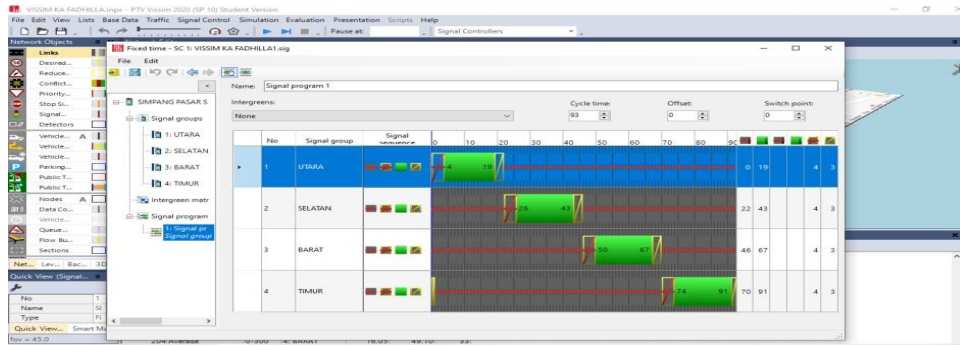
Movement	vechs(all)	LOS(ALL)	vehDelay(ALL)
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 1: BARAT@71.6 - 3: TIMUR@11.5	25	LOS_C	42,51
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 1: BARAT@71.6 - 6: SELATAN@9.8	17	LOS_C	37,82
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 1: BARAT@71.6 - 9: UTARA@11.0	15	LOS_D	57,51
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 4: TIMUR@66.7 - 2: BARAT@10.1	22	LOS_D	43,26
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 4: TIMUR@66.7 - 6: SELATAN@9.8	4	LOS_C	15,5
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 4: TIMUR@66.7 - 9: UTARA@11.0	8	LOS_C	38,38
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 5: SELATAN@103.1 - 2: BARAT@10.1	12	LOS_C	29,41
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 5: SELATAN@103.1 - 3: TIMUR@11.5	21	LOS_D	41,54
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 5: SELATAN@103.1 - 9: UTARA@11.0	60	LOS_D	39,03
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 10: UTARA@142.3 - 2: BARAT@10.1	11	LOS_D	64,58
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 10: UTARA@142.3 - 3: TIMUR@11.5	16	LOS_D	52,47
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 10: UTARA@142.3 - 6: SELATAN@9.8	68	LOS_D	35,72
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo	279	LOS_D	37,53
Rata-Rata	279	LOS_D	41,17

Sumber: (Hasil Analisis Permodelan, 2021)

Dari hasil yang diperoleh pada pemodelan pada eksisting dapat disimpulkan bahwa pada pemodelan ini tundaan (VehDelay) rata-rata di simpang 41,17 detik, tingkat pelayanan (*Level Of Service*) / LOS rata-rata D (kurang).

3.3. Solusi Perbaikan Kinerja Simpang

Pada solusi perbaikan kinerja simpang dilakukan dengan menggunakan cara merubah waktu siklus pada tiap-tiap lengan. Perubahan waktu siklus pada simpang tersebut dipengaruhi oleh jumlah kendaraan yang ada pada tiap-tiap lanyang memiliki jumlah kendaraan yang tinggi dimana pada solusi perbaikan digunakan Red – Amber – Green – Yellow yaitu Red 60 detik, Amber 4 detik, Green 15 detik dan Yellow 3 detik dengan total waktu siklus seluruhnya 82 detik.



Gambar 4. Perubahan Waktu Siklus

Sumber: (Hasil Analisis Permodelan,2021)

Tabel 4. Hasil Permodelan Program

Movement	vechs(all)	LOS(ALL)	vehDelay(ALL)
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 1: BARAT@71.6 - 3: TIMUR@11.5	20	LOS_B	16,58
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 1: BARAT@71.6 - 6: SELATAN@9.8	15	LOS_D	36,43
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 1: BARAT@71.6 - 9: UTARA@11.0	10	LOS_C	34,71
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 4: TIMUR@66.7 - 2: BARAT@10.1	20	LOS_C	31,46
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 4: TIMUR@66.7 - 6: SELATAN@9.8	4	LOS_C	34,53
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 4: TIMUR@66.7 - 9: UTARA@11.0	8	LOS_B	17,41
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 5: SELATAN@103.1 - 2: BARAT@10.1	12	LOS_C	33,73
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 5: SELATAN@103.1 - 3: TIMUR@11.5	21	LOS_D	43,47
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 5: SELATAN@103.1 - 9: UTARA@11.0	40	LOS_D	41,9
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 10: UTARA@142.3 - 2: BARAT@10.1	11	LOS_C	34,03
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 10: UTARA@142.3 - 3: TIMUR@11.5	16	LOS_C	28,44
1: Simpang Pasar Stan Maguwoharjo - 10: UTARA@142.3 - 6: SELATAN@9.8	58	LOS_C	27,01
Rata-Rata	235	LOS_C	31,64

Sumber: (Hasil Analisis Permodelan,2021)

Hasil yang diperoleh dari pemodelan dengan mengubah waktu siklus dapat disimpulkan bahwa pada pemodelan ini tundaan (*VechDelay*) rata-rata pada simpang menjadi 31,64 detik dari kondisi eksisting 41,17 detik dan tingkat pelayanan (*Level Of Service*) / LOS pada simpang meningkat dari kondisi eksisting D (Kurang) menjadi C (Sedang) .

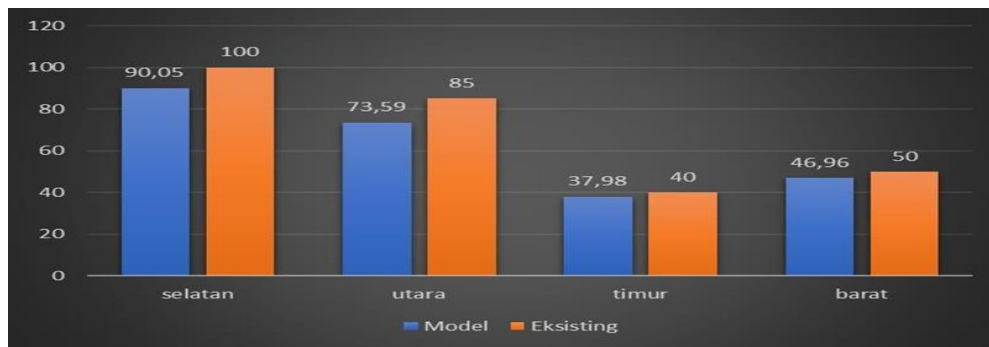
3.4. Hasil Panjang Antrian Setelah Perubahan Waktu Siklus

Setelah perubahan waktu siklus sehingga didapat panjang antrian hasil model dengan panjang antrian hasil eksisting.

Tabel 5. Panjang Antrian

Pendekat	Model (m)	Eksisting (m)
Selatan	90,05	100
Utara	73,59	85
Timur	37,98	40
Barat	46,96	50

Sumber: (Hasil Analisis Permodelan,2021)

**Gambar 5.** Panjang Antrian

Sumber: (Hasil Analisis Permodelan,2021)

Hasil simulasi dengan mengubah waktu siklus pada Gambar 5 memperlihatkan nilai biru lebih rendah dibanding dengan nilai orange yang berarti panjang antrian setelah melakukan perubahan waktu siklus pada masing- masing pendekat mengurangi panjang antrian dari eksisting.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dengan cara melakukan survei kepada responden dengan memberikan kuisioner berisi beberapa pertanyaan terkait karakteristik pelaku perjalanan, karakteristik perjalanan, karakteristik sistem transportasi dan preferensi pemilihan moda didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Simulasi pada simpang empat Pasar Stan Maguwoharjo Sleman, Yogyakarta dengan menggunakan *software vissim* mengacu pada kalibrasi model simulasi dengan menggunakan volume dan panjang antrian kendaraan di lapangan. Dimana nilai parameter perilaku pengemudi (*draving behavior*).
 - a) *Following* (*Look ahead distance Minimum 40,00 m, Maximum 250,00 m*), (*Look back distance Minimum 15,00 m, Maximum 150,00 m*)
 - b) *Car following model* (*average standstill distance 2,00 m additive part of safty distance 2,00 m*), (*following behavior of safty distance 3,00 m*)
 - c) *Lane change* (*maximum deceleratini -4,00 m/s, accepted deceleration – 1,00 m/s*)
 - d) *Lateral* (*collision time gain 2,00s , Minimum longitudinal speed 1,00 km/h*)

Hasil volume kendaraan berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa volume kendaraan dari Jalan Raya Tajem (Utara), yaitu sebesar 1.162, Jalan Raya Tajem (Selatan), yaitu sebesar 1.426, Jalan Sabo (Barat), yaitu sebesar 601, Jalan Pasaken (Timur), yaitu sebesar 546.

- 2) Hasil kinerja lalu lintas kondisi eksisting pada simpang simpang empat Pasar Stan Maguwoharjo, Sleman, Yogyakarta berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa panjang antrian terbesar terjadi pada pendekat Jalan Raya Tajem (selatan) yaitu sebesar 94,96 m sedangkan untuk nilai antrian terendah berada pada pendekat Jalan Pasaken (timur) sebesar 38,97 m. Sedangkan untuk waktu tundaan rata-rata kondisi eksisting 41,17detik dan untuk nilai tundaan rata-rata hasil

perubahan waktu siklus lebih rendah yaitu sebesar 31,64 detik.

- 3) Hasil optimasi fase lalu lintas dilakukan alternatif dengan mengubah waktu siklus lampu merah dari 69 detik menjadi 60 detik, amber sebesar 6 detik menjadi 4 detik, hijau sebesar 15 detik tetap mengikuti kondisi eksisting, kuning sebesar 3 detik tetap mengikuti waktu eksisting, Dimana diharapkan dapat menghasilkan kinerja lalu lintas yang lebih baik. Berdasarkan alternatif diatas menghasilkan tundaan dan panjang antrian lebih rendah dari kondisi eksisting.

5. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah:

- 1) Perlu adanya penelitian selanjutnya untuk pembenahan terhadap sistem manajemen lalu lintas, baik manajemen di simpang maupun ruas jalan sekitar simpang, dan penelitian lebih lanjut mengenai perilaku pengemudi di Yogyakarta secara lebih detail, mengenai jarak *car following*, *lane change*, *car lateral*, ataupun perilaku pengemudi pada simpang bersinyal dan tidak bersinyal.
- 2) Sebaiknya dilakukan survey dengan optimalisasi waktu jam 18.00 keatas untuk penelitian selanjutnya.
- 3) Perlunya dilakukan kalibrasi dan validasi dengan menggunakan panjang antrian dan tundaan kendaraan sebagai pembanding model simulasi yang telah dilakukan.
- 4) Perlunya ada perubahan waktu siklus lalu lintas pada lengan yang memiliki volume dan panjang antrian yang lebih besar, sehingga mendapatkan nilai tingkat pelayanan yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT, karena kehendak dan ridhanya. Adapun dalam kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. H. Ircham, M.T., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Ibu Dr. Ani Tjitra Handayani ST, MT Selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Herna Puji Astutik ST, MT Selaku Dosen Pembimbing II dan semua pihak yang terkait dan membantu dalam penulisan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Putri, Nurjannah Haryanti. 2015. *Mikrosimulasi Mixed Traffic Pada Simpang Bersinyal Dengan Perangkat Lunak Vissim (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta)*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Saputra, Fahmi Pratama. 2016. *Analisis dan Optimasi Kinerja Simpang Bersinyal Di Jl. Gunung Bawakaraeng – Jl. Jend. Sudirman Berbasis Micro – Simulasi*. Makassar: Universitas Hasanuddin.

