

## Evaluasi dan rekayasa peningkatan kinerja simpang empat bersinyal kamdanen Kota Yogyakarta

Muhammad Fathur Rahman<sup>1</sup>, Aisyah Nur Jannah<sup>1\*</sup>, dan Harfat Rahmayuda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

### Article Info

Available online

### Abstract

*Kamadenan intersection had a problem about traffic queue. The length of the queue made vehicles passing at the intersection require up to four times the cycle time to get out of the intersection. This study aimed to evaluate the performance of the Kamdanen intersection and give alternative solutions to improve it. The data was analyzed using MKJI 1997 and modeled with the Vissim software. The results showed that the intersection had a degree of saturation of north arm by 0.85, west arm by 0.72, south arm by 0.49, and east arm by 0.44. The queue length on north arm was 153.85 m, west arm was 50,25 m, south arm was 106,67 m, and south arm was 95,46 m. The delay value for north arm was 74.56 sec/pcu, west arm was 50.25 sec/pcu, south arm was 48.72 sec/pcu, and east arm was 50.25 sec/pcu. The most optimal alternative solution was widening the track by 0.5 meters on all arms and a cycle time of 129 seconds using allred for 2 seconds and amber for 2 seconds. The degree of saturation at the intersection after modelled was 0.51 for the entire arm. The queue length for the north arm was 20.58 m, the east arm was 23.29 m, the south arm was 28.60 m, and the west arm was 27.63 m. The vehicle delay for the north arm was 37.64 sec/vehicle, the east arm was 39.04 sec/vehicle, the south arm was 48.85 seconds/vehicle, and the west arm was 35.41 sec/vehicle.*

### Keywords:

Signalized intersection  
MKJI 1997  
Vissim

### Corresponding Author:

Aisyah Nur Jannah  
[205111301@uii.ac.id](mailto:205111301@uii.ac.id)

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia  
All rights reserved

### Pendahuluan

#### Latar belakang

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu provinsi yang ada di Indonesia dan dikenal sebagai kota pelajar dan pariwisata. Banyaknya pendatang di kota Yogyakarta menyebabkan tingginya volume kendaraan yang bertemu di simpang. Penyebab kemacetan tersebut dikarenakan simpang empat Kamdanen ini menghubungkan beberapa arus lalu lintas serta berbagai kendaraan yang melintas seperti motor, mobil, bus, truk, dan sebagainya. Terdapat beberapa tempat

makan, perumahan, hotel, dan toko di sepanjang Jalan Palagan Tentara Pelajar yang membuat tingginya mobilitas masyarakat di wilayah tersebut. Jalan Palagan Tentara Pelajar juga jalan yang digunakan untuk menuju *ring road* utara, Tugu Jogja, dan Malioboro. Jalan Kapten Haryadi menghubungkan ke Jalan Kaliurang disebelah timur, sebelah barat terdapat pusat perbelanjaan yaitu Sleman *City Hall* dan menuju Jalan Magelang – Yogyakarta. Banyaknya kegiatan di daerah tersebut membuat semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan mobilitas kendaraan bermotor yang kemudian menyebabkan

antrean dan kemacetan jalan. Berdasarkan dari tahun 2016 sampai tahun 2020, jumlah kendaraan tahun 2018 mengalami peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya yaitu pada tahun 2018 sebanyak 1.409.840 kendaraan, tahun 2019 sebanyak 1.575.074 kendaraan, tahun 2020 sebanyak 1.576.153 kendaraan (Badan Pusat Statistik DIY, 2021). Peningkatan jumlah kendaraan tersebut menimbulkan berbagai permasalahan seperti lamanya waktu tundaan dan panjangnya antrean kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja Simpang Empat Kamdanen dan solusi alternatif perbaikannya.

#### ***Evaluasi pada simpang dan jalan menggunakan MKJI 1997***

Penelitian Bimantoro (2016) dilakukan pada simpang bersinyal Pingit. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui kinerja simpang bersinyal Pingit dan alternatif solusi untuk permasalahan yang terjadi. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif, kualitatif dan deskriptif yang kemudian dianalisis menurut metode MKJI 1997. Hasil yang diperoleh dari metode MKJI 1997 yaitu nilai derajat kejenuhan sebesar 0,85, nilai panjang antrian tertinggi sebesar 469,36 m pada lengan timur, dan nilai tundaan tertinggi adalah sebesar 472,27 det/smp pada lengan barat.

Sa'dillah dan Primasworo (2020) melakukan penelitian terkait kinerja di Persimpangan BCA (Jalan Semeru – Basuki Rahmat – Kahuripan) setelah adanya pembangunan *Whiz Prime Hotel*. Pendekatan teknis yang digunakan dalam penelitian adalah deskriptif-evaluatif dengan mengidentifikasi kondisi eksisting dan permasalahan yang terjadi dibandingkan dengan kondisi sebelumnya. Metode analisis data yang digunakan berdasarkan MKJI 1997. Hasil penelitian yang diperoleh adalah *level of service (LoS)* persimpangan tahun 2016 adalah F saat pagi dan sore, tundaan simpang 517-520 det/smp. Tahun 2020 data

*LoS* adalah F saat pagi dan sore dengan tundaan simpang 563-520 det/smp.

#### ***Evaluasi pada simpang dan jalan menggunakan perangkat lunak vissim***

Penelitian yang dilakukan Prayoga (2020) pada ruas Jalan Affandi bertujuan untuk mengetahui kinerja ruas jalan, panjang antrean, tundaan, dan mengusulkan alternatif solusi perbaikan. Metode yang digunakan adalah survei lapangan yang mencakup volume lalu lintas, karakteristik badan jalan, *driving behaviour*, kecepatan kendaraan, panjang antrian, dan tundaan, kemudian dilakukan analisis dengan perangkat lunak VISSIM. Alternatif solusi yang diperoleh yaitu memindah dan menutup bukaan median yang berhadapan dengan gang masing-masing sejauh 60 meter.

Penelitian yang dilakukan Irwan (2019) menggunakan perangkat lunak VISSIM untuk melakukan analisis panjang antrian, tundaan, kecepatan kendaraan, dan perancangan koordinasi sinyal. Penelitian yang dilakukan pada simpang Gamping dan simpang Pelem Guruh ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja simpang tersebut dan mengetahui rekomendasi alternatif solusi yang dapat dilakukan. Hasil penelitian tersebut adalah dari kedua alternatif yang dibuat, perubahan lengan antar simpang 1 ke simpang 2 adalah yang terbaik. Hal tersebut dikarenakan terjadinya penurunan nilai yang signifikan yaitu panjang antrian menurun 45% dari 402,834 meter menjadi 219,901 meter, tundaan menurun sebesar 67% dari 402,116 detik menjadi 133,329 detik, kecepatan kendaraan meningkat dari 25,169 km/jam menjadi 33,777 km/jam, tingkat pelayanan mengalami perubahan dari F menjadi E, dan tingkat pelayanan ruas antar simpang tidak mengalami perubahan.

#### ***Persimpangan bersinyal***

Nasmiranti (2019) menjelaskan bahwa simpang bersinyal (*signalized intersection*) adalah persimpangan jalan dimana arus lalu

lintas pada setiap pendekat/lengannya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir dan teratur. Simpang sebidang terdiri dari empat bentuk yaitu sebagai berikut.

1. Persimpangan empat adalah simpang yang menghubungkan empat lengan yang saling berhubungan dalam satu titik.
2. Persimpangan bergeser adalah simpang yang salah satu lengan jalan tersebut salah satu lengan bergeser ke sebelah.
3. Persimpangan banyak adalah simpang yang memiliki lima lengan yang saling terhubung di satu tempat.
4. Persimpangan tiga adalah persimpangan yang memiliki 2 jalan yang saling berhubungan.

#### Arus jenuh

Arus jenuh (S) didapatkan dari hasil arus jenuh dasar (S<sub>0</sub>) dan faktor penyesuaian (F) untuk menghitung penyimpangan dari kondisi tersebut. Adapun rumus perhitungan menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_{FG} \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (1)$$

dengan,

S = arus jenuh,

S<sub>0</sub> = arus jenuh dasar,

F<sub>CS</sub>= faktor penyesuaian ukuran kota,

F<sub>SF</sub>= faktor penyesuaian hambatan samping,

F<sub>FG</sub>= faktor penyesuaian kelandaian,

F<sub>P</sub> = faktor penyesuaian parkir,

F<sub>R</sub> = faktor penyesuaian belok kanan, dan

F<sub>LT</sub>= faktor penyesuaian belok kiri.

#### Kapasitas

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) kapasitas adalah jumlah kendaraan yang berkumpul dalam satu titik pada suatu ruas jalan dalam kondisi tertentu. Jalan terdiri dari jalan perkotaan, jalan luar kota, dan jalan bebas hambatan. Perhitungan kapasitas dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$C = S \times g/c \quad (2)$$

dengan,

C = kapasitas,

S = waktu arus jenuh,

g = waktu lampu hijau, dan

c = waktu siklus.

#### Derajat kejenuhan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) derajat kejenuhan merupakan perbandingan antara rasio arus lalu lintas (smp/jam) dengan kapasitas (smp/jam). Adapun rumus yang digunakan dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$DS = Q/C \quad (3)$$

dengan,

DS = derajat kejenuhan,

Q = arus lalu lintas, dan

C = kapasitas.

#### Panjang antrean

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) panjang antrean adalah panjang dari kendaraan yang antri dari lampu merah lalu lintas pada suatu ruas jalan. Persamaan 4 adalah rumus untuk menghitung panjang antrean.

$$QL = (NQ_{maks} \times 20) / W_{masuk} \quad (4)$$

dengan,

QL = panjang antrean,

NQ<sub>maks</sub> = jumlah kendaraan antre maks, dan

W<sub>masuk</sub> = kendaraan masuk.

#### Tundaan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) tundaan adalah waktu tambahan pada salah satu ruas jalan pada simpang, dibandingkan pada ruas jalan tanpa simpang. Persamaan 5 adalah rumus perhitungan tundaan.

$$D = DT + DG \quad (5)$$

dengan,

D = tundaan,

DT = tundaan lalu-lintas, dan

DG = tundaan geometri rata-rata.

### Tingkat pelayanan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas bahwa tingkat pelayanan dilihat pada kapasitas dan tundaan pada persimpangan. Adapun tingkat pelayanan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tingkat pelayanan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/smp)	Keterangan
A	< 5	Baik Sekali
B	5,1 - 15	Baik Sekali
C	15,1 - 25	Sedang
D	25,1 - 40	Kurang
E	40,1 - 60	Buruk
F	> 60	Buruk Sekali

(Sumber: Menteri Perhubungan, 2015)

### Perangkat lunak Vissim

Vissim adalah singkatan dari “*Verkehr Stadtemn – Simulations Modell*” yang diartikan dalam Indonesia “Lalu Lintas di Kota – Model Simulasi” (Haryadi, 2017). Perangkat lunak Vissim ini digunakan untuk menganalisa operasi lalu lintas, tempat perhentian, komposisi lalu lintas dan lain-lain yang sangat berguna dalam rekayasa transportasi.

### Uji validasi

Menurut Romadhona (2019) validasi adalah perbandingan parameter yang diperoleh dari lapangan terhadap hasil simulasi dengan menggunakan Vissim. Terdapat dua uji validasi pada penelitian ini, yaitu uji GEH (*Geoffrey E. Havers*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dengan persyaratan yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Standar Perhitungan GEH

Nilai GEH	Keterangan
GEH < 5	Diterima
5 < GEH < 10	Kemungkinan model error
GEH > 10	Ditolak

Tabel 4. Kriteria Nilai MAPE

Nilai GEH	Keterangan
> 50%	Buruk
20% - 50%	Sedang
10% - 20%	Baik
<10%	Sangat baik

### Metode penelitian

#### Waktu pelaksanaan survei

Penelitian Aminy (2018) pada Jalan Tentara Pelajar km 6,5 menunjukkan jam puncak pada hari minggu dan hari kamis. Mengikuti penelitian tersebut, pelaksanaan survei pada penelitian kali ini dilakukan selama 2 hari, yaitu satu hari kerja (Kamis) dan satu hari di akhir pekan (Minggu), dengan pembagian waktu sebagai berikut.

1. Pagi hari, di jam pukul 07.00 WIB sampai dengan 10.00 WIB.
2. Sore hari, di jam pukul 15.00 WIB sampai dengan 18.00 WIB.

#### Tahapan penelitian

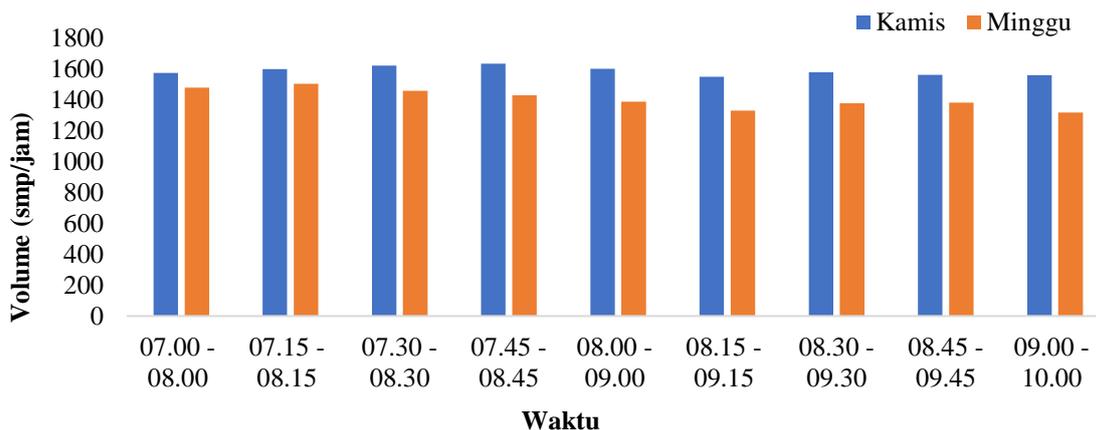
Tahap penelitian yang pertama adalah melakukan studi atau mengkaji beberapa masalah terkait Simpang Kamdanen, kemudian dilanjutkan dengan mengumpulkan data yang terdiri dari data sekunder dan data primer. Data sekunder berupa peta lokasi penelitian dan data jumlah penduduk, sedangkan data primer terdiri dari geometri jalan, kecepatan, waktu siklus, panjang antrean, volume, dan *driving behavior*. Setelah data diperoleh, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis data dengan MKJI. Langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan simpang Kamdanen dengan bantuan perangkat lunak Vissim dan dilakukan uji GEH dan uji MAPE, apabila nilai tidak memenuhi persyaratan maka dilakukan pemodelan ulang akan tetapi jika telah memenuhi maka dapat dilanjutkan dengan pembuatan alternatif solusi penanganan simpang. Kemudian dilakukan pembahasan terkait hasil analisis dan pemodelan yang telah dilakukan. Tahap terakhir adalah membuat kesimpulan dan saran.

**Hasil dan pembahasan**

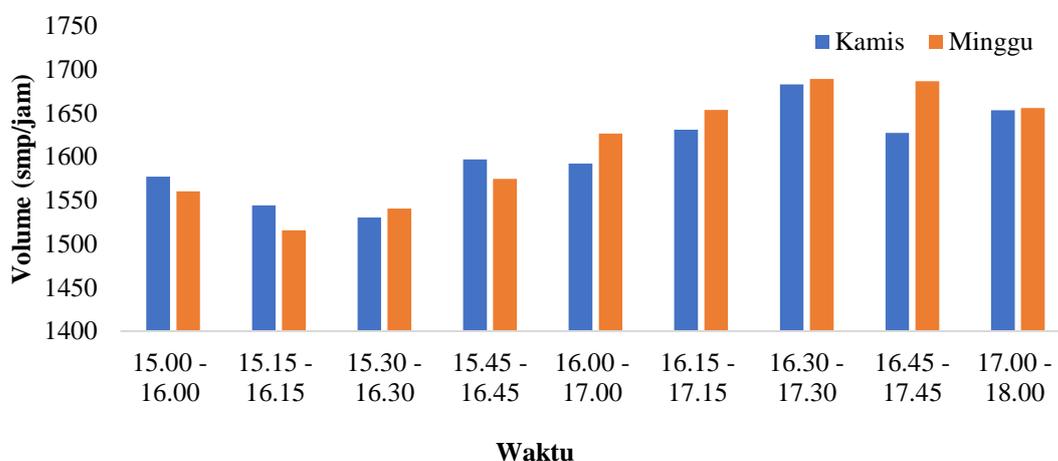
**Analisis kinerja berdasarkan MKJI 1997**

Volume jam puncak kendaraan pada Simpang Empat Bersinyal Kamdanen didapatkan pada hari Minggu jam 16.30 – 17.30 WIB dengan jumlah volume pada

satuan kend/jam sebesar 5251 dan satuan smp/jam sebesar 2236,3. Berikut adalah data volume jam puncak kendaraan pada Simpang Empat Kamdanen yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Histogram volume kendaraan pagi



Gambar 2. Histogram volume kendaraan sore

Berdasarkan analisis MKJI 1997, derajat kejenuhan pada pendekatan Utara atau Jalan Palagan Tentara Pelajar sebesar 0,85 yang mana telah melebihi nilai yang disyaratkan dalam MKJI 1997 yaitu 0,75 sehingga dikatakan jenuh. Sedangkan derajat kejenuhan pada lengan Timur, lengan Selatan, dan lengan Barat memenuhi syarat MKJI 1997 yang mana pendekatan Timur atau Jalan Kapten Haryadi sebesar 0,44, pendekatan

Selatan atau Jalan Palagan Tentara Pelajar sebesar 0,49, dan pendekatan Barat atau Jalan Gito Gati sebesar 0,72.

Selain derajat kejenuhan, parameter kinerja lainnya yang perlu diketahui adalah panjang antrean dan tundaan. Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan tundaan kendaraan pada semua lengan Simpang Bersinyal Kamdanen yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi tundaan dan tingkat pelayanan

Lengan	D (det/smp)	D <sub>I</sub> (det/smp)	Tingkat Pelayanan
Utara	74,56	60,599	F
Barat	66,19		
Selatan	48,72		
Timur	50,25		

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa tingkat pelayanan pada Simpang Bersinyal Kamdanan memiliki waktu tundaan rata-rata pada seluruh simpang sebesar 60,599 det/smp dan memiliki tingkat pelayanan nilai F yang nama memiliki tingkat yang sangat buruk sekali.

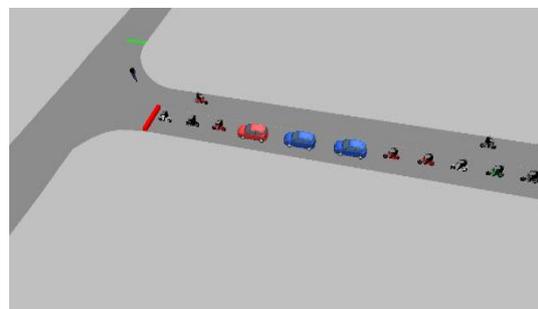
**Pemodelan dengan perangkat lunak Vissim**

Pemodelan dengan perangkat lunak Vissim dilakukan berdasarkan data hasil pengamatan di lapangan. Data yang digunakan adalah data jumlah kendaraan selama satu jam saat jam puncak, kecepatan kendaraan, geometri simpang, jarak antar kendaraan, dan waktu siklus simpang. Dilakukan kalibrasi dalam proses pemodelan menggunakan Vissim sehingga hasil pemodelan dapat mempresentasikan kondisi sebenarnya di lapangan. Kalibrasi pada penelitian kali ini dilakukan dengan metode *trial and error*. Adapun hasil *trial and error* dari proses kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

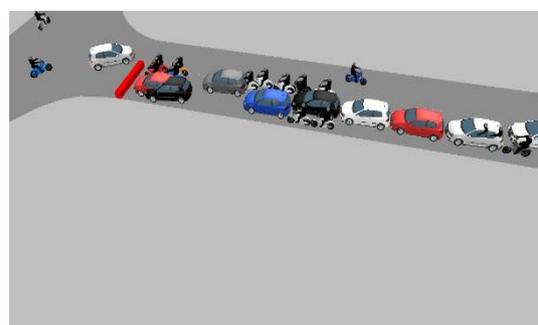
Tabel 5. Hasil *trial and error* kalibrasi

Parameter	Sebelum Kalibrasi	Sesudah Kalibrasi
<i>Desired position at free flow</i>	<i>Middle of lane</i>	<i>Any</i>
<i>Overtake on same lane</i>	<i>off</i>	<i>on</i>
<i>Distance standing</i>	1	0,3
<i>Distance driving</i>	1	0,2
<i>Average standstill distance</i>	2	0,4
<i>Additive part of safety distance</i>	2	0,4
<i>Multiplicative part of safety distance</i>	3	1

Adapun gambar pemodelan sebelum dan setelah kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut.



Gambar 3. Pemodelan sebelum kalibrasi



Gambar 4. Pemodelan setelah kalibrasi

Setelah proses kalibrasi selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan validasi. Validasi dilakukan dengan uji GEH dan MAPE yang bertujuan untuk menguji apakah hasil kalibrasi dapat dikatakan valid atau tidak. Parameter yang digunakan dalam uji GEH adalah data volume kendaraan. Adapun hasil validasi dari uji GEH dan MAPE dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7 berikut ini.

Tabel 6. Hasil Uji GEH

Sebelum Kalibrasi			
Lengan	Jumlah	Output Vissim	Selisih %
Utara	1102	400	25,616
Timur	1009	510	18,107
Selatan	1035	555	17,024
Barat	996	370	23,953
Setelah Kalibrasi			
Lengan	Jumlah	Output Vissim	Selisih %
Utara	1102	998,6	3,19
Timur	1009	967,8	1,31
Selatan	1035	1018	0,53
Barat	996	957,8	1,22

Tabel 7. Hasil Uji MAPE

Sebelum Kalibrasi			
Lengan	pengamatan	Vissim	%
Utara	82,103	284,611	247%
Timur	72,68	215,75	197%
Selatan	69,03	152,597	121%
Barat	77,965	327,126	320%
Setelah Kalibrasi			
Lengan	Observation	Vissim	%
Utara	82,103	99,54	21%
Timur	72,68	76,35	5%
Selatan	69,03	78,5	14%
Barat	77,965	79,24	2%

### Alternatif pemecahan masalah

Berdasarkan analisis MKJI 1997 yang telah dilakukan, kondisi eksisting Simpang Empat Bersinyal Kamdanen berada dalam kondisi jenuh dan tingkat pelayanan yang buruk untuk lengan Utara dengan nilai derajat kejenuhan lebih dari 0,75 yaitu sebesar 0,85, sedangkan untuk lengan lainnya berada dibawah 0,75. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif solusi guna meningkatkan kinerja pelayanan simpang menjadi lebih optimal.

Alternatif solusi pertama yaitu dengan waktu siklus yang didapatkan di lapangan sebesar 144 detik, tetapi dengan perubahan waktu hijau dilakukan dengan cara *trial and error*, penggunaan fase tetap menggunakan dengan kondisi sebelumnya yang di mana tetapi dengan perubahan waktu *all red* sebesar 2 detik dan *amber* sebesar 2 detik dengan mengikuti ukuran simpang sesuai dengan MKJI 1997. Perbedaan kondisi lapangan dan alternatif 1 terdapat pada waktu hijau dan waktu merah yang di mana pada lengan Utara waktu hijau sebesar 40 detik dan lampu merah sebesar 100 detik, lengan Timur waktu hijau sebesar 27 detik dan lampu merah sebesar 113 detik, lengan Selatan waktu hijau sebesar 33 detik dan lampu merah sebesar 107 detik, dan lengan Barat waktu hijau sebesar 29 detik dan lampu merah sebesar 111 detik.

Alternatif solusi kedua yaitu menggunakan waktu siklus yang sesuai syarat dengan MKJI 1997 yang di mana sesuai tipe

pengaturan fase, untuk pengaturan empat fase yang disyaratkan yaitu 80 – 130 detik, waktu siklus yang digunakan dalam alternatif ini sebesar 129 detik yang menggunakan *all red* sebesar 2 detik dan *amber* sebesar 2 detik. Maka didapatkan LTI sebesar 14 detik Pada alternatif kedua ini, penentuan waktu hijau dilakukan dengan menggunakan analisis MKJI 1997.

Alternatif solusi ketiga yaitu pelebaran lebar jalur dan waktu siklus yang sesuai syarat dengan MKJI 1997 yang di mana sesuai tipe pengaturan fase, untuk pengaturan empat fase yang disyaratkan yaitu 80 – 130 detik, waktu siklus yang digunakan dalam alternatif ini sebesar 129 detik yang menggunakan *all red* sebesar 2 detik dan *amber* sebesar 2 detik. Maka didapatkan LTI sebesar 14 detik. Pada alternatif ketiga ini, terdapat pelebaran pada jalan pada lengan Utara dan Lengan Selatan sebesar 0,5 meter dan untuk menentukan waktu hijau dilakukan dengan menggunakan analisis MKJI 1997.

Alternatif solusi keempat yaitu pelebaran lebar jalur dan waktu siklus yang sesuai syarat dengan MKJI 1997 yang di mana sesuai tipe pengaturan fase, untuk pengaturan empat fase yang disyaratkan yaitu 80 – 130 detik, alternatif waktu siklus yang digunakan dalam alternatif ini sebesar 129 detik yang menggunakan *all red* sebesar 2 detik dan *amber* sebesar 2 detik. Maka didapatkan LTI sebesar 14 detik. Pada alternatif keempat ini, terdapat pelebaran pada jalan pada semua lengan sebesar 0,5 meter dan untuk menentukan waktu hijau dilakukan dengan menggunakan analisis MKJI 1997.

Nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, tundaan, dan tingkat pelayanan (*level of service*) dari alternatif 1 hingga alternatif 4 yang telah diketahui dari ke-4 lengan, kemudian dihitung persentase selisih antara kondisi eksisting dengan alternatif yang telah didapat. Apabila persentase memiliki nilai negatif maka kinerja persimpangan tersebut mengalami penurunan, sebaliknya

apabila bernilai positif maka kinerja persimpangan tersebut mengalami peningkatan. Perbandingan persentase perubahan derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan dapat dilihat pada Tabel 8, 9, dan 10.

Tabel 8. Persentase perubahan derajat kejenuhan

Persentase Perubahan Derajat Kejenuhan Setiap Alternatif (%)				
Pendekat	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
Utara	34	33	38	40
Timur	-27	-30	-20	-16
Selatan	-14	-16	-8	-4
Barat	22	21	26	29
Rata-rata	3,7	2,0	8,9	12,3

Tabel 9. Persentase perubahan panjang antrean

Persentase Perubahan Panjang Antrean Setiap Alternatif (%)				
Pendekat	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
Utara	70	74	78	79
Timur	62	59	64	69
Selatan	47	50	60	64
Barat	46	54	60	65
Rata-rata	56,3	59,2	65,5	69,4

Tabel 10. Persentase perubahan tundaan

Persentase Perubahan Tundaan Kendaraan Setiap Alternatif (%)				
Pendekat	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
Utara	54	59	61	62
Timur	-67	-62	-27	15
Selatan	-24	-9	-10	2
Barat	49	46	52	69
Rata-rata	3,1	8,5	19,1	37,1

Berdasarkan Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10, berikut ini adalah tingkatan alternatif mulai dari yang paling baik.

1. Alternatif 4 adalah alternatif terbaik dimana memiliki perubahan persentase nilai derajat kejenuhan rata-rata sebesar 12,3%. Panjang antrean memiliki perubahan persentase nilai rata-rata

sebesar 69,4%. Sedangkan tundaan kendaraan memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 37,1%. Nilai *level of service* untuk lengan Utara adalah D, lengan Timur adalah D, lengan Selatan adalah E, dan lengan Barat adalah D. Alternatif 4 yang memerlukan pelebaran jalan di ke- 4 lengannya akan membuat alternatif 4 memiliki konsekuensi berupa biaya yang sangat besar untuk pembebasan lahan dan pelebaran jalan, selain itu juga membutuhkan waktu konstruksi yang mana akan membuat jalan macet di ke-4 lengan simpang tersebut.

2. Alternatif 3 sedikit dibawah alternatif 4 dimana hanya melakukan pelebaran di kedua lengannya saja yaitu lengan Utara dan lengan Selatan. Nilai derajat kejenuhan memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 8,9%. Panjang antrian memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 65,5%. Sedangkan tundaan kendaraan memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 19,1%. Nilai *level of service* untuk lengan Utara adalah D, lengan Timur adalah E, lengan Selatan adalah E, dan lengan Barat adalah E. Alternatif 3 memiliki konsekuensi dimana akan membutuhkan biaya tambahan dan juga waktu untuk konstruksi pelebaran jalan tersebut. Meskipun mungkin biaya yang dibutuhkan tidak lebih besar dari alternatif 4 yang mengalami pelebaran jalan di ke- 4 lengannya, tetap saja konsekuensi yang sama tidak terhindarkan.
3. Nilai derajat kejenuhan alternatif 2 tidak mengalami perubahan persentase rata-rata derajat kejenuhan atau nilainya 2,0%. Panjang antrian memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 59,2%. Sedangkan tundaan kendaraan memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 8,5%. Nilai *level of service* untuk lengan Utara adalah E, lengan Timur adalah F, lengan Selatan adalah E, dan lengan Barat

adalah F. Alternatif 2 menjadi alternatif yang paling mungkin untuk diterapkan karena tidak memerlukan perbaikan secara fisik seperti alternatif 3 dan alternatif 4 sehingga tidak memerlukan biaya tambahan dan juga waktu konstruksi, alternatif 2 hanya perlu merubah waktu siklusnya menjadi 129 detik yang menggunakan *all red* sebesar 2 detik dan *amber* sebesar 2 detik. Alternatif 2 menjadi alternatif yang lebih baik daripada alternatif 1 dikarenakan memiliki nilai panjang antrean dan tundaan yang lebih kecil serta selisih derajat kejenuhan yang hanya 1,7.

4. Alternatif 1 memiliki nilai derajat kejenuhan memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 3,7%. Panjang antrian memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 56,3%. Sedangkan tundaan kendaraan memiliki perubahan persentase nilai rata-rata sebesar 3,1%. Nilai *level of service* untuk lengan Utara adalah E, lengan Timur adalah F, lengan Selatan adalah F, dan lengan Barat adalah E. Meskipun alternatif 1 memiliki nilai derajat kejenuhan yang lebih baik daripada alternatif 2, akan tetapi nilai untuk panjang antrean dan tundaan kendaraan pada alternatif 2 lebih baik daripada alternatif 1.

### Kesimpulan

Berdasarkan MKJI 1997, kondisi eksisting Simpang Kamdanen memiliki kinerja sebagai berikut.

- a. Nilai derajat kejenuhan (DS) untuk setiap pendekat pada Simpang Kamdanen untuk Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara) sebesar 0,85, Jalan Gito Gati (Barat) sebesar 0,72, Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 0,49, dan Jalan Kapten Haryadi (Timur) 0,44.
- b. Panjang antrean pada Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara) adalah 153,85 m, Jalan Kapten Haryadi (Timur) adalah 95,46 m, Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan) adalah 106,67 m, dan Jalan Gito Gati (Barat) adalah 131,56 m.

- c. Nilai tundaan untuk Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara) sebesar 74,56 det/smp, Jalan Gito Gati (Barat) sebesar 66,19 det/smp, Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan) sebesar 48,72 det/smp, dan Jalan Kapten Haryadi (Timur) sebesar 50,25 det/smp dengan kategori tingkat pelayanan F.

Berdasarkan pemodelan Vissim, yaitu alternatif untuk penanganan Simpang Kamdanen berupa pelebaran jalur sebesar 0,5 m di semua lengan dan waktu siklus sebesar 129 detik dengan waktu *al lred* 2 detik dan *amber* selama 2 detik, serta nilai LTI sebesar 14 detik. Alternatif ke-4 adalah sebagai berikut.

- a. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada Simpang Jalan Palagan Tentara Pelajar memiliki nilai sebesar 0,51 untuk seluruh lengan yaitu Jalan Palagan Tentara Pelajar (Utara), Jalan Kapten Haryadi (Timur), Jalan Palagan Tentara Pelajar (Selatan), dan Jalan Gito Gati (Barat).
- b. Panjang antrian untuk lengan Utara adalah 20,58 m, lengan Timur adalah 23,29 m, lengan Selatan adalah 28,60 m, dan lengan Barat adalah 27,63 m.
- c. Nilai tundaan Tundaan kendaraan untuk lengan Utara adalah 37,64 detik/kend, lengan Timur adalah 39,04 detik/kend, lengan Selatan adalah 48,85 detik/kend, dan lengan Barat adalah 35,41 detik/kend. Nilai *level of service* untuk lengan Utara adalah D, lengan Timur adalah D, lengan Selatan adalah E, dan lengan Barat adalah D.

### Daftar pustaka

- Bimantoro, A. T. (2016). Evaluasi Dan Rekayasa Peningkatan Kinerja Simpang Bersinyal Pingit Kota Yogyakarta. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta. (2021). *Transportasi Dalam Angka 2021*. Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum.

- Jakarta.
- Haryadi, D., Tajudin, I., dan Muchlisin. (2017). *Modul Pembelajaran Traffic Micro-Simulation Program PTV. VISSIM 9. 1*. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Irwan, M. (2019). Evaluasi dan Koordinasi Antar Simpang Dengan Menggunakan Pendekatan Mikrosimulasi (Vissim). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Menteri Perhubungan (2015), Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Menteri Perhubungan. Jakarta.
- Nasmiranti, R. (2019). Perencanaan Ulang Pengaturan Fase Alat Pengatur Lalu Lintas Pada Persimpangan Bersinyal di Persimpangan Jl. Jend. Sudirman - KIS Mangun Sarkoro. *Rang Teknik Journal* Vol. 2 No. 1. Sumatera Barat.
- Prayoga, R. A. (2020). Dampak Alley Pada U-Turn Terhadap Kinerja Ruas Jalan Perkotaan. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Romadhona, dkk. (2019). Aplikasi Pemodelan Lalu Lintas: PTV Vissim 9.0. UII Press. Yogyakarta.
- Sa'dillah, M., dan Primasworo, R. A. (2020). Kinerja Simpang Bersinyal Ruas Jalan Semeru – Kahuripan – Basuki Rahmat Setelah Pembangunan Whiz Prime Hotel Malang. *Jurnal Fondasi*, 9(2), 103.