

Evaluasi dan peningkatan kinerja simpang bersinyal Denggung Sleman

Bachrul Andriansyah Purnama^{1*}, Aisyah Nur Jannah², dan Prayogo Afang Prayitno³

^{1*} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

^{2,3} Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Article Info

Article history:

Available online

Keywords:

Evaluation
Improvement
Signalized Intersection
MKJI 1997
VISSIM.

Corresponding Author:

Bachrul Andriansyah Purnama
18511242@alumni.uii.ac.id

Abstract

Magelang Street is one of the streets that encounter an increasing volume of traffic. The street is the primary arterial road that connected Daerah Istimewa Yogyakarta and Central Java. The increasing volume of traffic also causing traffic jam in certain points. One of those certain points is located in Denggung intersection. This research aims to know the performance (degree of saturation, queue length, and level of service) of Denggung intersection in the existing condition and to find an alternative solution for it. Analytical processes were executed based on MKJI 1997, Highway Capacity Manual, and VISSIM modelling software. In the existing condition, Denggung intersection had a cycle time of 174 seconds with 4 phases. The degree of saturation for Magelang Street (north) was 0.92, KRT Pringgodingrat Street (west) was 0.56, Magelang Street (south) was 0.95, and Gito Gati Street (east) was 1.01. The queue length for the north was 248.58 m, west was 93.94 m, south was 271.22 m, and east was 220.49 m. The intersection delay time was 90.88 seconds with level of service F. The alternative solutions that formed by 5 phase of intersection and adjusting the cycle time to 153 seconds was most effective alternative. The degree of saturation on the north was 0.67, west was 0.68, south was 0.73, and east was 0.69. The queue length for the north was 53.32 m, west was 48.12 m, south was 69.61 m, and east was 51.09 m. The intersection delay time was 58.83 seconds with level of service E.

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar Belakang

Kabupaten Sleman merupakan salah satu kabupaten di Daerah Istimewa Yogyakarta yang mengalami peningkatan volume lalu lintas. Hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya jumlah kendaraan pada kabupaten Sleman. Berdasarkan data

Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman (2022), jumlah kendaraan di Kabupaten Sleman pada tahun 2021 sebesar 42.736 kendaraan. Jumlah tersebut meningkat sebesar 5,38 % dari tahun sebelumnya. Selain itu, Kabupaten Sleman juga merupakan salah satu daerah tujuan wisata. Hal ini menyebabkan kendaraan dari berbagai daerah menuju obyek wisata yang

ada di Kabupaten Sleman sehingga terjadi kemacetan di beberapa ruas jalan.

Jalan Magelang yang terletak di Kabupaten Sleman merupakan salah satu jalan yang mengalami peningkatan volume lalu lintas. Jalan tersebut merupakan jalan arteri primer yang menghubungkan Daerah Istimewa Yogyakarta dan Provinsi Jawa Tengah. Seiring dengan meningkatnya volume lalu lintas di jalan tersebut, maka sering terjadi kemacetan di beberapa titik. Salah satu titik kemacetan terletak pada persimpangan jalan.

Menurut Hobbs (1995), persimpangan jalan adalah simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekatan di mana arus kendaraan dari beberapa pendekatan tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan. Adanya simpang dapat menyebabkan konflik antar kendaraan sehingga perlu dilakukan pengaturan dengan baik. Salah satu prasarana untuk mengatur simpang yaitu dengan adanya Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Meskipun dalam suatu simpang sudah terdapat APILL, tetapi seiring dengan pertumbuhan lalu lintas dapat menyebabkan simpang menjadi jenuh dan mengalami kemacetan.

Simpang Deggung merupakan salah satu simpang yang sering terjadi kemacetan. Simpang tersebut mempertemukan Jalan Magelang, Jalan Gito Gati, dan Jalan KRT Pringgodingrat. Jalan Magelang merupakan jalan arteri nasional yang menghubungkan Jawa Tengah dengan Daerah Istimewa Yogyakarta. Pribadi (2019) melakukan evaluasi kinerja simpang empat bersinyal Jalan Parasamya – Jalan Magelang – Yogyakarta – Jalan Pendowoharjo Sleman dan menyatakan bahwa pada Jalan Magelang yang terletak pada simpang tersebut memiliki nilai derajat kejenuhan sebesar 1,20 untuk pendekatan barat laut dan 1,02 untuk pendekatan timur laut. Jalan KRT Pringgodingrat yang terletak di sebelah barat simpang merupakan salah satu akses menuju pusat perkantoran dan pelayanan

pemerintah kabupaten Sleman. Jalan Gito Gati merupakan salah satu jalan menuju kota Yogyakarta atau obyek wisata yang terdapat di Sleman.

Berdasarkan permasalahan kemacetan yang terdapat pada Simpang Deggung, maka perlu dilakukan evaluasi dan peningkatan kinerja terhadap simpang tersebut. Analisis dilakukan mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan *Highway Capacity Manual*. MKJI 1997 merupakan salah satu metode analisis yang paling sering digunakan di Indonesia. Diantara peneliti yang menggunakan MKJI 1997 pada penelitiannya adalah Prakoso, dkk. (2019) yang melakukan evaluasi Simpang Bersinyal Jalan Pahlawan-Raden Saleh Sarif Bustaman di Bogor serta Mamu, dkk. (2021) yang melakukan evaluasi Simpang Bersinyal Jalan J. A. Katili-Jalan Tondano-Jalan Madura di Gorontalo.

Setelah dilakukan analisis, alternatif solusi dilakukan melalui pemodelan dengan *software* VISSIM. Pemodelan simpang dengan VISSIM juga telah sering dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti Misdalena (2019) yang memodelkan Simpang Jakabaring di Palembang, Hutahean dan Susilo (2021) yang memodelkan Simpang Taman Sari-Cikapayang di Bandung, serta Ramadhan, dkk (2022) yang memodelkan Simpang Jalan Soekarno Hatta-Mohammad Toha di Bandung.

Peningkatan kinerja simpang yang ditawarkan diharapkan dapat mengoptimalkan Simpang Deggung sehingga kemacetan yang terjadi dapat diatasi.

Simpang Bersinyal

Menurut AASHTO (2018), persimpangan adalah daerah di mana dua atau lebih ruas jalan bergabung atau bersilangan, termasuk fasilitas jalan dan tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di sekitarnya. Simpang bersinyal adalah persimpangan yang terdiri dari 3 pendekatan atau lebih yang

memiliki lampu lalu lintas atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). Menurut MKJI 1997, lampu lalu lintas digunakan untuk alasan sebagai berikut.

1. Menghindari kemacetan simpang karena adanya konflik arus lalu lintas sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas berada pada jam puncak.
2. Memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang kecil untuk memotong jalan utama.
3. Mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang berlawanan.

Penggunaan lampu lalu lintas dengan tiga warna yaitu merah, kuning, dan hijau digunakan untuk memisahkan ruas jalan dari gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Adanya lampu lalu lintas juga bertujuan untuk menghindari konflik-konflik utama dan memisahkan konflik-konflik kedua pada suatu simpang. Konflik utama berupa gerakan-gerakan lalu lintas yang datang dari jalan yang saling berpotongan. Sedangkan konflik kedua berupa gerakan membelok dari lalu lintas lurus melawan, atau gerakan lalu lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang.

Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas (Q) merupakan jumlah kendaraan bermotor yang melintasi suatu titik di ruas jalan per satuan waktu. Dalam menghitung jumlah kendaraan, perlu dilakukan konversi satuan kendaraan agar berbagai jenis kendaraan dapat dihitung seragam. Oleh sebab itu, tiap jenis kendaraan perlu adanya faktor konversi agar dapat diubah menjadi satuan yang sama yaitu satuan mobil penumpang (smp).

Arus Jenuh

Arus jenuh (S) merupakan banyaknya kendaraan pada suatu pendekat selama

kurun waktu yang ditentukan. Arus jenuh didapatkan dari hasil perkalian antara arus jenuh dasar (S₀) dengan faktor-faktor penyesuaian (F) yang merupakan faktor penyimpangan dari kondisi yang sebenarnya. Arus jenuh simpang bersinyal dapat dihitung dengan Persamaan 1.

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

dengan:

- S₀ = arus jenuh dasar,
- F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota,
- F_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping,
- F_G = faktor penyesuaian kelandaian,
- F_P = faktor penyesuaian parkir,
- F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan,
- F_{LT} = faktor penyesuaian belok kiri.

Kapasitas

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dilayani oleh suatu simpang per satuan waktu. Kapasitas simpang dinyatakan dalam smp/jam hijau. Kapasitas dihitung dengan Persamaan 2.

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

dengan:

- C = kapasitas (smp/jam hijau),
- S = arus jenuh (smp/jam hijau),
- g = waktu hijau (detik), dan
- c = waktu siklus (detik).

Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio perbandingan antara volume kendaraan (Q) per kapasitas (C). Pada simpang bersinyal, derajat kejenuhan dihitung tiap pendekat yang ada. Derajat kejenuhan dihitung dengan Persamaan 3.

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

dengan:

- DS = derajat kejenuhan.

Panjang Antrean

Panjang antrean merupakan panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat ketika lampu merah. Perhitungan QL

menggunakan parameter jumlah kendaraan maksimum (NQ_{MAX}) dan lebar pendekat masuk (W_{MASUK}). Perhitungan QL dihitung dengan Persamaan 4.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \quad (4)$$

dengan:

QL = panjang antrean,
 NQ_{MAX} = jumlah antrean maksimum, dan
 W_{MASUK} = lebar masuk.

Tundaan

Tundaan (D) merupakan waktu tempuh tambahan yang dibutuhkan untuk melewati simpang jika dibandingkan dengan lintasan tanpa melewati suatu simpang. Tundaan terdiri dari dua jenis yaitu tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat (DT) dan tundaan geometri (DG). Perhitungan DT dapat dihitung menggunakan Persamaan 5

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (5)$$

dengan:

DT = tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp),

c = waktu siklus yang disesuaikan (det),

$$A = \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)^2}$$

GR = rasio hijau (g/c),

DS = derajat kejenuhan,

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya, dan

C = kapasitas (smp/jam).

Tundaan geometri (DG) merupakan tundaan yang terjadi akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran hijau pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah pada tiap pendekat. Nilai tundaan geometri rata-rata tiap pendekat (DG_j) dapat dihitung menggunakan Persamaan 6.

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \quad (6)$$

dengan:

DG_j = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/smp),

P_{SV} = rasio kendaraan terhenti pada

pendekat, dan

P_T = rasio kendaraan berbelok pada pendekat.

Tundaan (D) merupakan penjumlahan antara tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat (DT) dan tundaan geometri (DG) seperti pada Persamaan 7.

$$D = DT + DG \quad (7)$$

Tundaan rata-rata seluruh simpang (D_I) merupakan perbandingan nilai tundaan dengan arus total (Q_{TOT}) dalam satuan smp/jam seperti pada Persamaan 8.

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \quad (8)$$

Tingkat Pelayanan Simpang

Menurut *Highway Capacity Manual* (2016), tingkat pelayanan adalah ukuran kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas. Adanya penetapan tingkat pelayanan bertujuan untuk menetapkan tingkat pelayanan pada suatu ruas jalan atau persimpangan. Tingkat pelayanan simpang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tundaan (det/kend)	Tingkat Pelayanan	
	DS ≤ 1	DS > 1
≤ 10	A	F
>10-20	B	F
>20-35	C	F
>35-55	D	F
>55-80	E	F
>80	F	F

Sumber: *Highway Capacity Manual* (2016)

Pemodelan dengan VISSIM

VISSIM adalah perangkat lunak multi moda lalu lintas mikroskopis yang dapat menganalisis operasi kendaraan pribadi dan angkutan umum dengan permasalahan seperti konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas, dan lain-lain (PTV-AG, 2011). Dalam melakukan pemodelan lalu lintas menggunakan *software* VISSIM, perlu diketahui data-data yang sudah diperoleh melalui survei lapangan dan sumber referensi lainnya. Primadhona dkk. (2019) menjelaskan

bahwa dalam proses *running* dilakukan sebanyak 5 kali.

Validasi adalah pengujian suatu data sehingga data yang diperoleh merupakan data yang valid. Dalam melakukan validasi, data yang dibandingkan yaitu volume lalu lintas dan panjang antrean yang didapat dari hasil survei dengan data hasil analisis menggunakan MKJI 1997 dan pemodelan VISSIM.

Proses validasi data menggunakan metode statistik Geoffrey E. Havers (GEH). Rumus GEH yang dikembangkan oleh Geoffrey E. Havers pada tahun 1970-an digunakan untuk menilai kecocokan model simulasi lalu lintas. Rumus GEH merupakan metode statistik chi-kuadrat yang dimodifikasi untuk menghitung perbedaan data relatif dan absolut (Speirs, 2006). Perhitungan Rumus GEH dapat dilihat pada Persamaan 9 serta validasi dengan rumus GEH memiliki kesimpulan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{simulated} - q_{observed})^2}{0,5 \times (q_{simulated} + q_{observed})}} \quad (9)$$

dengan:

$q_{simulated}$ = data volume lalu lintas(kendaraan/jam) yang didapat dari hasil pemodelan VISSIM, dan

$q_{observed}$ = data volume lalu lintas (kendaraan/jam) yang didapat dari hasil survei lapangan.

Tabel 2. Kesimpulan hasil rumus GEH

Nilai GEH	Keterangan
GEH < 5	Hasil Diterima
5 ≤ GEH ≤ 10	Kemungkinan kesalahan pemodelan atau data buruk
GEH > 10	Hasil Ditolak

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan rata-rata perbedaan absolut yang terdapat pada nilai prediksi dan nilai sebenarnya yang dinyatakan dalam persentase hasil perbedaan tersebut. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) digunakan pada evaluasi dari hasil prediksi yang dapat melihat tingkat akurasi

terhadap angka peramalan dan angka realisasi (Nabillah dan Ranggadara, 2020). Adapun rumus MAPE dapat dilihat pada Persamaan 10.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|\hat{y}_t - y_t|}{\hat{y}_t} \times 100 \quad (10)$$

Nilai hasil uji MAPE memiliki kesimpulan yang terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kesimpulan uji MAPE

MAPE	Kesimpulan
< 10 %	Hasil prediksi sangat akurat
10 – 20 %	Hasil prediksi baik
20 – 50 %	Hasil prediksi layak
> 50 %	Hasil prediksi tidak akurat

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada Simpang Deggung Sleman yang menghubungkan Jalan Magelang, Jalan Gito Gati, dan Jalan KRT Pringgodingrat seperti ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa simpang Deggung (Sumber: Google Earth, 2022)

Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data penelitian

Data Primer	Data Sekunder
1. Volume lalu lintas	1. Denah lokasi
2. Waktu siklus simpang	Simpang
3. Data geometri simpang	Deggung,
4. Kecepatan kendaraan	Kabupaten
5. Data <i>driving behavior</i>	Sleman
6. Data panjang antrean	2. Jumlah
7. Data hambatan	Penduduk
samping	Kabupaten
	Sleman

Survei pengambilan data lalu lintas dilakukan selama dua hari dengan ketentuan satu hari kerja (*weekday*) yaitu hari Senin dan satu hari libur (*weekend*) yaitu hari Sabtu. Penentuan hari pelaksanaan survei didasarkan pada penelitian terdahulu yang berada pada Jalan Magelang. Pengambilan data dilaksanakan selama 3 sesi yaitu sesi pagi, siang dan sore dengan rincian sebagai berikut.

1. Waktu pagi : 06.00 – 09.00 WIB
2. Waktu siang : 11.00 – 13.00 WIB
3. Waktu sore : 15.00 – 18.00 WIB

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode MKJI 1997. Hasil dari analisis menggunakan MKJI 1997 berupa kinerja pelayanan simpang (derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tingkat pelayanan) pada kondisi eksisting.

Dalam menentukan alternatif solusi, digunakan *software* VISSIM sebagai pemodelan alternatif. Hasil alternatif solusi kemudian dibandingkan dengan kondisi eksisting sehingga diketahui alternatif yang paling efektif pada Simpang Deggung.

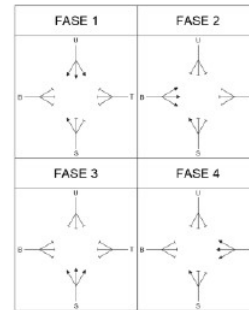
Hasil dan Pembahasan

Data Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan, volume lalu lintas Simpang Deggung pada periode jam puncak terjadi pada hari Senin jam 16.00 – 17.00 WIB dengan jumlah 3772,7 smp/jam. Adapun diagram waktu siklus dan pembagian fase dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 2.

Tabel 5. Pembagian waktu siklus

Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	All Red (detik)	Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)
Utara	46	3	4	121	174
Barat	27	3	4	87	174
Selatan	46	3	4	121	174
Timur	27	3	4	87	174



Gambar 2. Pembagian fase eksisting

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa fase eksisting terdiri dari 4 fase. Pembagian fase dilakukan dengan pengaturan bahwa setiap pendekat memiliki fasenya tersendiri dan terdapat belok kiri langsung pada pendekat Selatan.

Analisis Kinerja Simpang Berdasarkan MKJI 1997

Analisis kinerja simpang berdasarkan MKJI 1997 bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitas, derajat kejenuhan, dan perilaku lalu lintas pada Simpang Deggung. Data volume kendaraan yang digunakan merupakan data volume ketika jam puncak selama satu jam. Adapun perhitungan nilai arus jenuh terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil arus jenuh

Parameter	Pendekat			
	Utara	Barat	Selatan	Timur
Q (smp/jam)	1250,4	470,1	1500,7	551,5
We (m)	7,2	6,6	8,2	5,0
S ₀ (smp/jam hijau)	5616	5148	6396	3900
F _{CS}	1	1	1	1
F _{SF}	0,93	0,94	0,93	0,93
F _G	1	1	1	1
F _P	1	1	1	1
F _{RT}	1	1,13	1	1
F _{LT}	0,98	1,00	1,00	0,97
S (smp/jam hijau)	5115	5419	5949	3530

Perhitungan kapasitas bertujuan untuk mengetahui arus lalu lintas maksimum yang dapat dilayani oleh suatu simpang per satuan waktu dengan hasil pada Tabel 7 dan nilai derajat kejenuhan tiap pendekat dapat dilihat pada Tabel 8. Berdasarkan Tabel 8, dapat diketahui bahwa semua nilai

derajat kejenuhan kecuali pada pendekat barat telah melampaui 0,75 sehingga dapat dikatakan bahwa pendekat utara, timur, dan selatan memiliki kinerja yang kurang baik (macet).

Tabel 7. Rekapitulasi nilai kapasitas

Pendekat	Kapasitas (smp/jam)
Jalan Magelang (utara)	1353
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	841
Jalan Magelang (selatan)	1573
Jalan Gito Gati (timur)	548

Tabel 8. Rekapitulasi derajat kejenuhan

Pendekat	Derajat Kejenuhan
Jalan Magelang (utara)	0,92
Jalan KRT Pringgodingrat (barat)	0,56
Jalan Magelang (selatan)	0,95
Jalan Gito Gati (timur)	1,01

Adapun rekapitulasi perilaku lalu lintas Simpang Deggung pada kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 9. Berdasarkan Tabel 9, Simpang Deggung pada kondisi eksisting memiliki waktu tundaan sebesar 90,88 det/smp sehingga memiliki tingkat pelayanan F. Nilai tersebut mengakibatkan tingkat pelayanan simpang yang kurang optimal. Untuk meningkatkan tingkat pelayanan, perlu dilakukan alternatif solusi agar simpang tersebut dapat lebih optimal.

Tabel 9. Rekapitulasi perilaku lalu lintas

Perilaku Lalu Lintas	Pendekat			
	Utara	Barat	Selatan	Timur
NQ ₁ (smp)	5,09	0,13	8,07	12,69
NQ ₂ (smp)	58,83	21,02	71,36	26,69
NQ (smp)	63,92	21,15	79,43	39,37
QL (m)	248,58	93,94	271,22	220,49
NS (stop/smp)	0,95	0,84	0,99	1,33
N _{sv} (smp/jam)	1190,26	393,87	1479,04	733,17
NS _{TOT} (stop/smp)	0,40			
DT (det/smp)	75,84	68,56	81,44	156,93
DG _j (det/smp)	0,96	3,05	1,73	3,32
D (det/smp)	76,81	71,62	83,17	160,25
D _i (det/smp)	90,88			
Tingkat Pelayanan	F			

Alternatif Solusi dengan Pemodelan VISSIM

Pemodelan menggunakan software VISSIM dilakukan berdasarkan data hasil penelitian di lapangan. Data yang digunakan yaitu data kendaraan ketika jam puncak selama satu jam, data kecepatan kendaraan, data jarak antar kendaraan, data geometri simpang, dan data waktu siklus simpang. Setelah semua parameter dimasukkan ke VISSIM, kemudian dilakukan *running*. Proses *running* dilakukan sebanyak 5 kali dengan nilai *random seed* yang berbeda. Dalam proses pemodelan, data yang terdapat pada VISSIM masih belum valid. Oleh sebab itu, perlu dilakukan kalibrasi dan validasi agar data yang terdapat pada VISSIM dapat merepresentasikan data yang ada di lapangan.

Proses kalibrasi dilakukan dengan cara *trial and error* sehingga data yang terdapat pada VISSIM mewakili kondisi di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara mengubah beberapa parameter yang terdapat pada VISSIM. *Driving behavior* merupakan parameter yang dapat diubah sehingga hasil pemodelan VISSIM sesuai atau mendekati kondisi di lapangan. Berikut ini merupakan proses kalibrasi yang terdapat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perubahan *driving behavior*

No.	Parameter	Sebelum Kalibrasi	Setelah Kalibrasi
1	Average standsill distance	2	0,6
2	Additive part of safety distance	2	0,6
3	Multiplicative part of safety distance	3	1
4	Desired position at free flow	Middle of lane	Any
5	Overtake on same line	Off	On
6	Distance standing	0,2	0,2
7	Distance driving	1	0,4

Hasil perubahan kalibrasi berpengaruh terhadap jarak antar kendaraan maupun perilaku kendaraan ketika berada di simpang. Adapun perbedaan secara visual sebelum dilakukan kalibrasi dan setelah

dilakukan kalibrasi ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Tampilan 3D sebelum kalibrasi



Gambar 3. Tampilan 3D setelah kalibrasi

Dalam pemodelan VISSIM perlu dilakukan proses validasi agar hasil kalibrasi dapat dikatakan valid berdasarkan uji GEH dan MAPE. Parameter yang digunakan dalam uji GEH berupa data volume kendaraan. Kalibrasi yang dilakukan didapatkan bahwa dengan melakukan perubahan beberapa parameter *driving behavior* maka hasil kalibrasi dapat dikatakan valid. Adapun hasil uji GEH dalam proses kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 11. Selain uji GEH, dilakukan pengujian lain berupa uji MAPE untuk memvalidasi hasil pemodelan. Parameter yang digunakan dalam uji MAPE yaitu panjang antrean tiap pendekat. Adapun hasil uji MAPE dalam proses validasi dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 11. Hasil uji GEH

Pendekat	Observasi (kend/jam)	Sebelum Kalibrasi		Setelah Kalibrasi	
		VISSIM		VISSIM	
		(kend/jam)	GEH	(kend/jam)	GEH
Utara	2486	1236	28,98	2409	1,78
Barat	1227	411	28,51	1184	1,24
Selatan	3973	1565	45,76	3754	3,88
Timur	1812	450	40,50	1702	3,31

Tabel 12. Hasil uji MAPE

Kondisi		Panjang Antrean (m)			
		Utara	Barat	Selatan	Timur
Hasil Observasi		249,59	28,77	178,64	80,50
Sebelum Kalibrasi	Hasil	346,81	174,62	402,88	237,82
	MAPE	39 %	507 %	126 %	192 %
Setelah Kalibrasi	Hasil	201,66	25,15	170,44	85,91
	MAPE	19 %	13 %	4 %	5 %

Berdasarkan Tabel 11 dan 12, hasil pemodelan VISSIM dalam kondisi eksisting dinyatakan valid karena nilai GEH telah berada di bawah 5% dan nilai MAPE di bawah 20% (hasil prediksi baik). Oleh karena itu, pemodelan alternatif solusi telah dapat dilakukan. Terdapat 4 (empat) alternatif solusi yang ditawarkan.

Alternatif solusi 1 yaitu waktu siklus tetap menggunakan waktu siklus eksisting sebesar 174 detik. Akan tetapi dilakukan penyesuaian terhadap waktu hijau dengan mempertimbangkan nilai derajat kejenuhan tiap pendekat. Pengaturan fase yang digunakan tetap seperti pada kondisi eksisting. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3 detik sehingga diperoleh nilai LTI sebesar 28 detik. Pewaktuan siklus alternatif 1 terdapat pada Tabel 13.

Tabel 13. Waktu siklus alternatif 1

Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All Red	Merah	
Utara	48	3	4	119	174
Barat	18	3	4	149	
Selatan	51	3	4	116	
Timur	29	3	4	138	

Berdasarkan hasil analisis, nilai derajat kejenuhan pada Jalan Magelang (utara) sebesar 0,88, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,85, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,89, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,95. Hasil pemodelan juga menunjukkan bahwa panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 146,76 m, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 43,06 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 82,42 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 64,15 m. Nilai

tundaan simpang sebesar 89,91 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan F.

Alternatif solusi 2 yaitu dengan mengganti waktu siklus berdasarkan perhitungan MKJI 1997. Waktu siklus yang digunakan berupa waktu siklus sebelum penyesuaian. Pengaturan fase yang digunakan tetap seperti pada kondisi eksisting. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3 detik sehingga diperoleh nilai LTI sebesar 28 detik. Pewaktuan siklus alternatif 2 terdapat pada Tabel 14.

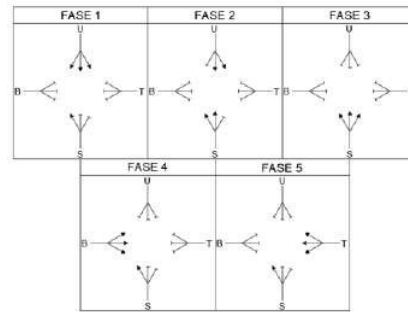
Tabel 14. Waktu siklus alternatif 2

Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (dtk)
	Hijau	Kuning	All Red	Merah	
Utara	51	3	4	129	187
Barat	19	3	4	161	
Selatan	55	3	4	125	
Timur	34	3	4	146	

Berdasarkan hasil analisis, nilai derajat kejenuhan pada Jalan Magelang (utara) sebesar 0,88, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 0,88, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,88, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,88. Hasil pemodelan juga menunjukkan bahwa panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 174,98 m, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 74,65 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 99,58 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 42,15 m. Nilai tundaan simpang sebesar 93,99 detik/kendaraan sehingga tingkat pelayanan F.

Alternatif solusi 3 berupa pengaturan fase simpang menjadi 5 fase. Pendekat utara dan selatan memiliki fase tersendiri untuk kendaraan yang belok kanan. Pada alternatif tersebut, kendaraan dari pendekat utara dan selatan yang melaju lurus dan belok kiri memiliki waktu hijau yang bersamaan. Waktu siklus yang digunakan sebesar 153 detik. Penentuan waktu hijau ditentukan berdasarkan penyesuaian dengan mempertimbangkan nilai derajat kejenuhan. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3

detik sehingga diperoleh nilai LTI sebesar 28 detik. Pengaturan fase alternatif 3 terdapat pada Gambar 4 dan pewaktuan siklus alternatif 3 terdapat pada Tabel 15.



Gambar 4. Pembagian 5 fase

Tabel 15. Waktu siklus alternatif 3

Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All Red	Merah	
Utara (LT, ST, RT)	15	3	4	131	153
Utara (LT, ST)	55	3	4	91	
Selatan (LT, ST)	55	3	4	91	
Selatan (LT, ST, RT)	15	3	4	131	
Barat	20	3	4	126	
Timur	35	3	4	111	

Berdasarkan hasil analisis, nilai derajat kejenuhan pada Jalan Magelang (utara) sebesar 0,67, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 0,68, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,72, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,69. Hasil pemodelan juga menunjukkan bahwa panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 65,19 m, Jalan KRT Pringgodiningrat (barat) sebesar 23,98 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 68,65 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 28,15 m. Nilai tundaan simpang sebesar 59,08 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan E.

Alternatif solusi 4 yaitu dengan mengganti waktu siklus berdasarkan analisis MKJI 1997. Waktu siklus yang digunakan yaitu waktu siklus yang disarankan untuk tipe pengaturan empat fase. Berdasarkan MKJI 1997, pengaturan empat fase memiliki

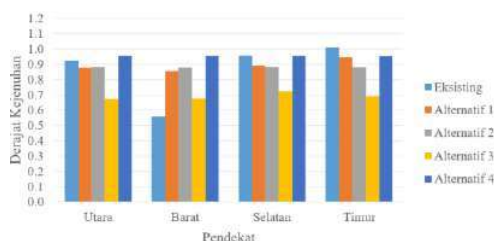
waktu siklus yang layak sebesar 80 – 130 detik. Dalam alternatif solusi tersebut digunakan waktu siklus sebesar 130 detik. Pengaturan fase yang digunakan tetap seperti pada kondisi eksisting yaitu 4 fase. Waktu *all red* yang digunakan sebesar 4 detik dan waktu kuning sebesar 3 detik sehingga diperoleh nilai LTI sebesar 28 detik. Pewaktuan siklus alternatif 4 terdapat pada Tabel 16.

Tabel 16. Waktu siklus alternatif 4

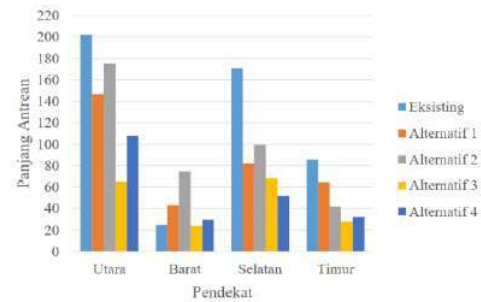
Pendekat	Waktu (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	All Red	Merah	
Utara	33	3	4	90	130
Barat	12	3	4	111	
Selatan	35	3	4	88	
Timur	22	3	4	101	

Berdasarkan hasil analisis, nilai derajat kejenuhan pada Jalan Magelang (utara) sebesar 0,95, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,95, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,95, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,95. Hasil pemodelan juga menunjukkan bahwa panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 107,61 m, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 29,67 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 52,14 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 32,43 m. Nilai tundaan simpang sebesar 65,22 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan E.

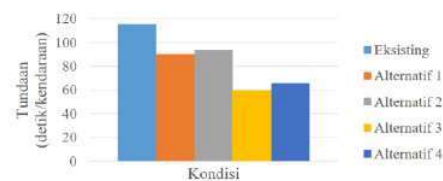
Perbandingan keempat alternatif solusi dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 5. Perbandingan derajat kejenuhan



Gambar 6. Perbandingan panjang antrean



Gambar 7. Perbandingan tundaan

Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat bahwa alternatif 3 merupakan alternatif terbaik. Hal tersebut dikarenakan nilai derajat kejenuhannya < 0,75 pada semua pendekat sehingga disimpulkan tidak jenuh. Selain itu alternatif tersebut mengalami penurunan persentase pada semua pendekat dibandingkan dengan alternatif solusi lainnya.

Gambar 6 menunjukkan bahwa alternatif 3 merupakan alternatif terbaik. Hal tersebut dikarenakan Hal tersebut dikarenakan panjang antrean pada alternatif tersebut mengalami penurunan persentase pada semua pendekat.

Berdasarkan Gambar 7, dapat dilihat bahwa alternatif 3 merupakan alternatif terbaik dalam hal pengurangan nilai tundaan dengan nilai tundaan simpang paling kecil yaitu sebesar 59,08 detik/kendaraan. Hal tersebut disebabkan oleh penggunaan 5 fase dan penyesuaian waktu hijau sehingga waktu siklus menjadi lebih sedikit. Waktu tundaan yang lebih kecil juga dipengaruhi oleh panjang antrean. Panjang antrean yang lebih kecil mengakibatkan waktu tundaan simpang menjadi berkurang.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa alternatif 3 merupakan alternatif yang mengalami perbaikan paling optimal pada kinerja pelayanan simpang. Hal tersebut berdasarkan nilai derajat kejenuhan, panjang antrean, dan tundaan simpang dan tingkat pelayanan. Nilai-nilai tersebut mengalami penurunan paling efektif dibandingkan dengan alternatif solusi lainnya.

Kesimpulan

Berdasarkan MKJI 1997, Simpang Deggung pada kondisi eksisting memiliki nilai derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 0,92, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,56, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,95, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 1,01. Selain itu, nilai panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 248,58 m, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 93,94 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 271,22 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 220,49 m. Tundaan Simpang Deggung pada kondisi eksisting sebesar 90,88 det/smp dengan tingkat pelayanan F.

Berdasarkan pemodelan VISSIM, alternatif solusi penanganan Simpang Deggung yang paling efektif yaitu alternatif solusi 3. Alternatif tersebut berupa penggunaan 5 fase sehingga kendaraan dari utara dan selatan yang lurus dan belok kiri memiliki waktu hijau yang bersamaan. Waktu siklus yang digunakan sebesar 153 detik. Hasil dari alternatif tersebut adalah nilai derajat kejenuhan (DS) untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 0,67, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 0,68, Jalan Magelang (selatan) sebesar 0,73, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 0,69. Selain itu, nilai panjang antrean untuk Jalan Magelang (utara) sebesar 53,32 m, Jalan KRT Pringgodingrat (barat) sebesar 48,12 m, Jalan Magelang (selatan) sebesar 69,61 m, dan Jalan Gito Gati (timur) sebesar 51,09 m. Terakhir, tundaan simpang sebesar

59,08 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan E.

Daftar pustaka

- AASHTO. (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th Edition*, Washington D.C.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman. (2022). *Kabupaten Sleman Dalam Angka 2022*, Sleman.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta.
- Hobbs, F. D. (1995). *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hutahean, Y. G. dan Susilo, B. H. (2021). Evaluasi Simpang Bersinyal Taman Sari - Cikapayang Kota Bandung dengan Analisis Vissim. *Jurnal Teknik Sipil, Volume 17, Nomor 1*, pp.70-87.
- Mamu, I., Kadir, Y., dan Patuti, I. M. (2021). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan J. A. Katili-Jalan Tondano-Jalan Madura dengan Metode PKJI. *Composite Journal, Volume 1, Nomor 1*, pp.9-16.
- Misdalena, F. (2019). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Simpang Jakabaring Menggunakan Program Microsimulator Vissim 8.00. *Jurnal Desiminasi Teknologi, Volume 7, Nomor 1*, pp.35-41.
- Nabillah, I. dan Ranggadara, I. (2020). *Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut*, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Prakoso, D. B., Sutoyo, dan Sudibyo, T. (2019). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Pahlawan – Raden Saleh Sarif Bustaman di Bogor Jawa Barat. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Volume 04, Nomor 02*, pp.135-148.
- Pribadi, S.A. (2019). *Evaluasi Kinerja Jalan Magelang – Yogyakarta – Jalan*

*Pendowoharjo Sleman, Yogyakarta,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta.*

- PTV Group. (2011). *PTV Vissim 9 User Manual*, Karlsruhe.
- Ramadhan, F. A., Mulyawati, F., dan Gunawan, R. (2022). Evaluasi Kinerja Suatu Simpang Bersinyal di Kota Bandung. *Jurnal Transportasi Volume 22, Nomor 3*, pp.249–254.
- Romadhona, dkk. (2019). *Aplikasi Pemodelan Lalu Lintas: PTV Vissim 9.0*, UII Press, Yogyakarta.
- Speirs, E. (2006). *Estimator User Guide, 1 edn*, Quadstone Limited, Edinburgh.