

Efektifitas Peningkatan Kontrol Simpang Tidak Bersinyal Menjadi Simping Bersinyal (Studi Kasus: Persimpangan Jalan Ring Road dan Jalan Mangga)

Adhirenta Massang^{#1}, Semuel Y. R. Rompis^{#2}, Sisca V. Pandey^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹rentamassang@gmail.com; ²semrompis@unsrat.ac.id; ³sisca.pandey@unsrat.ac.id

Abstrak

Persimpangan sebagai titik pertemuan dari beberapa lengan sering menjadi tempat kemacetan yang sering terjadi. Persimpangan jalan Ring Road dan jalan Mangga merupakan salah satu simpang tak bersinyal yang ada di kota Manado, untuk mengatasi konflik pada simpang tersebut diperlukan peningkatan kontrol dari simpang tanpa sinyal menjadi simpang dengan sinyal lampu lalu lintas sehingga dapat mengurangi konflik yang tidak diinginkan. Pengambilan data volume lalu lintas dilakukan selama 3 hari yaitu pada hari Kamis, 26 Agustus 2021, Jumat, 27 Agustus 2021 dan Sabtu, 28 Agustus 2021 dari jam 07.00 - 20.00 Wita. Pengumpulan data terbagi atas dua yaitu data primer (geometrik jalan, volume lalu lintas, kecepatan lalu lintas, panjang antrian, dan jenis kendaraan) dan data sekunder (peta lokasi dan jumlah penduduk). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja simpang tanpa sinyal lampu lalu lintas dan simpang dengan sinyal lalu lintas dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) dan perangkat lunak Simulation of Urban Mobility (SUMO). Berdasarkan hasil penelitian kondisi jam puncak pada hari Kamis, pukul 17.00 – 18.00 Wita. Simping tersebut memiliki nilai kapasitas simpang (C) sebesar 3775,12 smp/jam, nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,7952, tundaan simpang (D) sebesar 13,6070 det/smp dan peluang antrian (QP) yang terjadi adalah 25,51% - 50,73%. Hasil simulasi dengan menggunakan perangkat lunak SUMO pergerakan lalu lintas menunjukkan panjang antrian untuk Jalan Ring Road (Barat): 143 m, Jalan Mangga (Utara): 182,17 m, dan Jalan Ring Road (Timur): 239,83 m. Diperlukan penambahan lampu lalu lintas pada simpang untuk mengurangi panjang antrian, maka didapat hasil panjang antrian untuk jalan Ring Road (Barat): 113 m, jalan Mangga (Utara): 180,25 m, dan jalan Ring Road (Timur): 194,75 m.

Kata kunci – simpang, kapasitas, tundaan, MKJI 1997, Simulation of Urban Mobility, lampu lalu lintas

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kota Manado adalah Ibu Kota dari Provinsi Sulawesi Utara dengan jumlah penduduk 453.182 jiwa (Badan Pusat Statistik Kota Manado, 2021) mengalami peningkatan jumlah penduduk dari tahun sebelumnya 451.916 jiwa (Badan Pusat Statistik Kota Manado, 2020) dan disertai peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya. Sehingga dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan pengguna lalu lintas, untuk itu perlu ditunjang dengan pelayanan fasilitas-fasilitas yang memadai, terutama pada jalan yang potensial menimbulkan masalah lalu lintas khususnya pada daerah persimpangan.

Persimpangan adalah bagian dari ruas jalan dimana arus dari berbagai arah atau jurusan bertemu. Itulah sebabnya di persimpangan sering terjadi konflik antara arus dari jurusan yang berlawanan dan saling memotong, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya kemacetan di sepanjang lengan simpang.

Persimpangan jalan Ring Road dan jalan Mangga merupakan simpang dengan tiga lengan yang tidak memiliki pengaturan lampu lalu lintas. Simping tak bersinyal dapat menimbulkan berbagai konflik lalu lintas seperti tundaan kendaraan yang panjang dan kecelakaan. Diperlukan peninjauan tentang perubahan simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengendara lalu lintas.

Setelah melakukan pengamatan langsung pada lokasi yang akan dilakukan penelitian, kondisi simpang tersebut memiliki tingkat arus lalu lintas yang tinggi dan menjadi salah satu daerah sering terjadinya kemacetan. Dikarenakan persimpangan jalan Ring Road dan jalan Mangga dapat menghubungkan antar kota atau kabupaten sehingga banyak dilalui oleh pengguna jalan untuk menuju ke berbagai lokasi yang diinginkan.

Berdasarkan permasalahan pada lokasi penelitian yang ditemukan, hal ini kemudian menjadi latar belakang penulis untuk melakukan penelitian simpang tak bersinyal dengan tiga lengan pada jalan Ring Road dan jalan Mangga dengan analisa Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan analisa perangkat lunak Simulation of Urban Mobility (SUMO). Simulasi

pada perangkat lunak *Simulation of Urban Mobility* (SUMO) menggunakan 2 (dua) skenario yaitu skenario menggunakan lampu lalu lintas dan skenario tanpa menggunakan lampu lalu lintas dengan beberapa pemodelan simulasi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan suatu rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana karakteristik lalu lintas pada persimpangan jalan Ring Road dan jalan Mangga?
2. Bagaimana kinerja simpang pada jalan Ring Road dan jalan Mangga?
3. Bagaimana efektifitas peningkatan kontrol simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal pada persimpangan jalan Ring Road dan jalan Mangga?

C. Batasan Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian ini digunakan batasan-batasan masalah antara lain:

1. Penelitian dilakukan pada persimpangan jalan Ring Road dan jalan Mangga.
2. Kinerja simpang dihitung berdasarkan MKJI 1997.

3. Data penelitian dianalisis menggunakan volume lalu lintas pada jam puncak.

D. Tujuan Penelitian

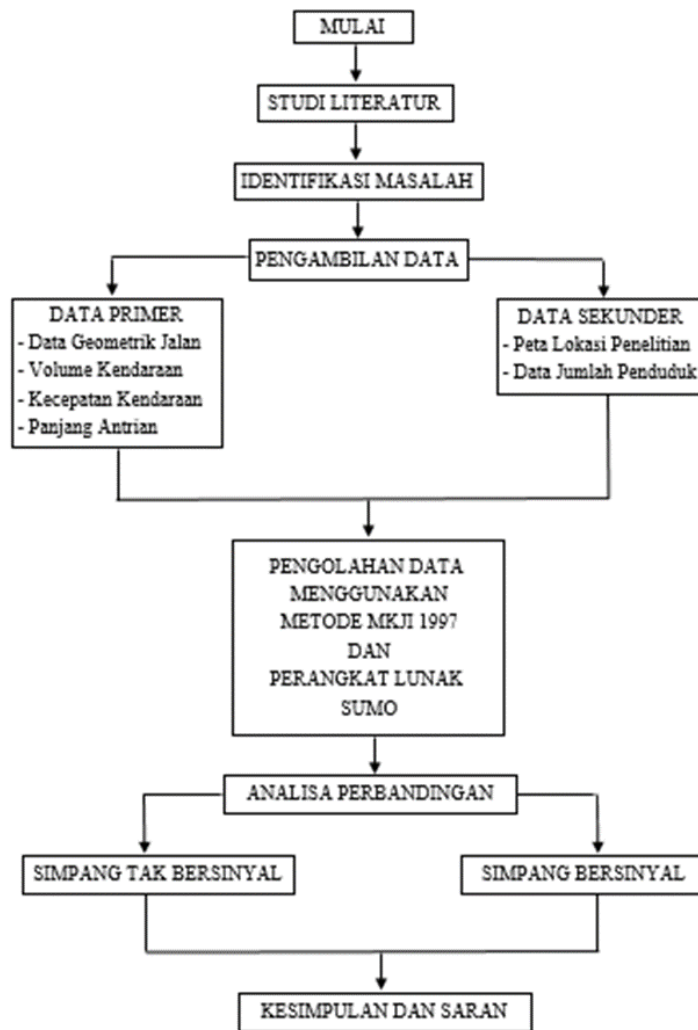
Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik lalu lintas pada persimpangan jalan Ring Road dan jalan Mangga.
2. Menganalisis kinerja simpang pada jalan Ring Road dan jalan Mangga.
3. Menganalisis efektifitas peningkatan kontrol simpang tak bersinyal menjadi simpang bersinyal pada persimpangan jalan Ring Road dan jalan Mangga.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan solusi untuk peningkatan kontrol simpang tak bersinyal pada jalan Ring Road dan jalan Mangga.
2. Memberikan masukan kepada instansi Pemerintah untuk meningkatkan kinerja simpang.



Gambar 1. Alur Pelaksanaan Penelitian

II. METODE PENELITIAN

A. Bagan Alir

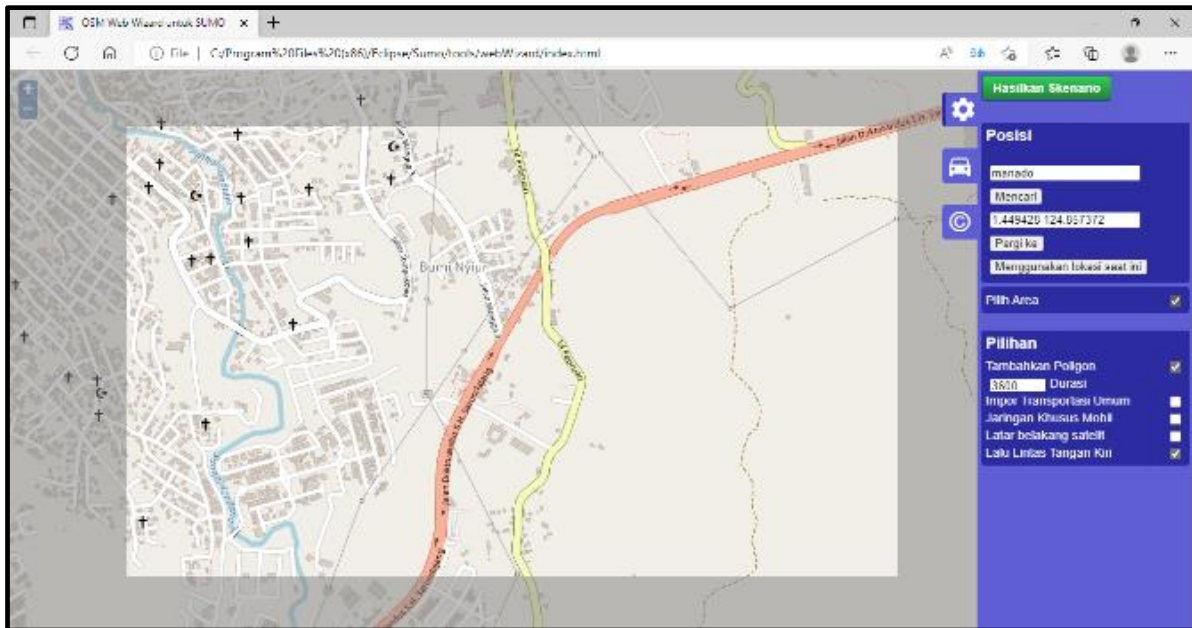
Kegiatan penelitian dilakukan menurut alur yang ditunjukkan pada Gambar 1.

B. Simulasi Menggunakan SUMO (Simulation of Urban Mobilty)

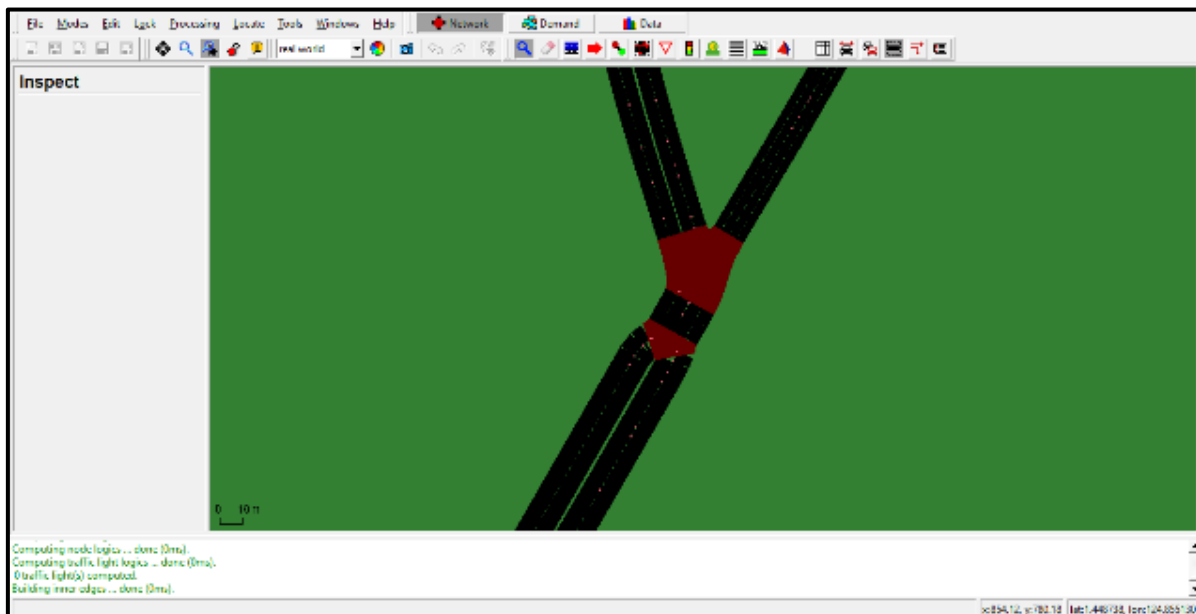
Proses pemodelan simulasi lalu lintas dengan menggunakan *software* SUMO (*Simulation of Urban Mobilty*), diperlukan beberapa data yang perlu diinput seperti data geometrik jalan, arus lalu lintas pada jam

puncak, kecepatan kendaraan dan peta satelit pada lokasi penelitian. Berikut beberapa tahapan-tahapan dalam pemodelan SUMO yaitu:

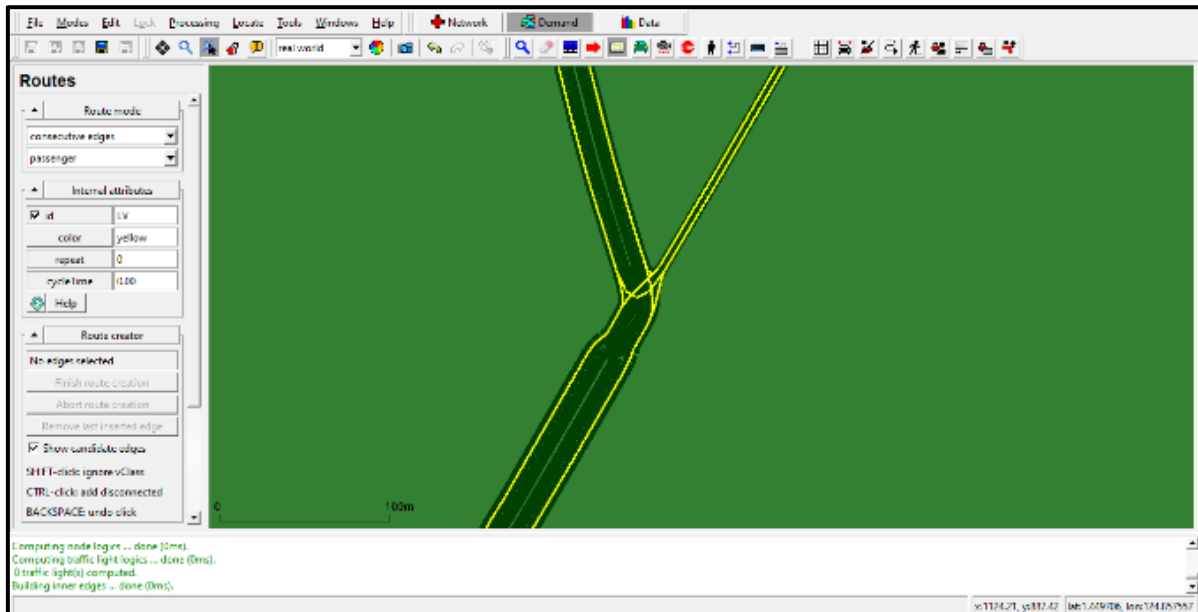
1. Peta jaringan jalan
2. Jaringan jalan
3. Rute perjalanan
4. Tipe kendaraan
5. Membuat *route file*
6. Pembuatan *addition file*
7. Pengaturan waktu siklus
8. Pembuatan *configuration file*
9. Proses simulasi



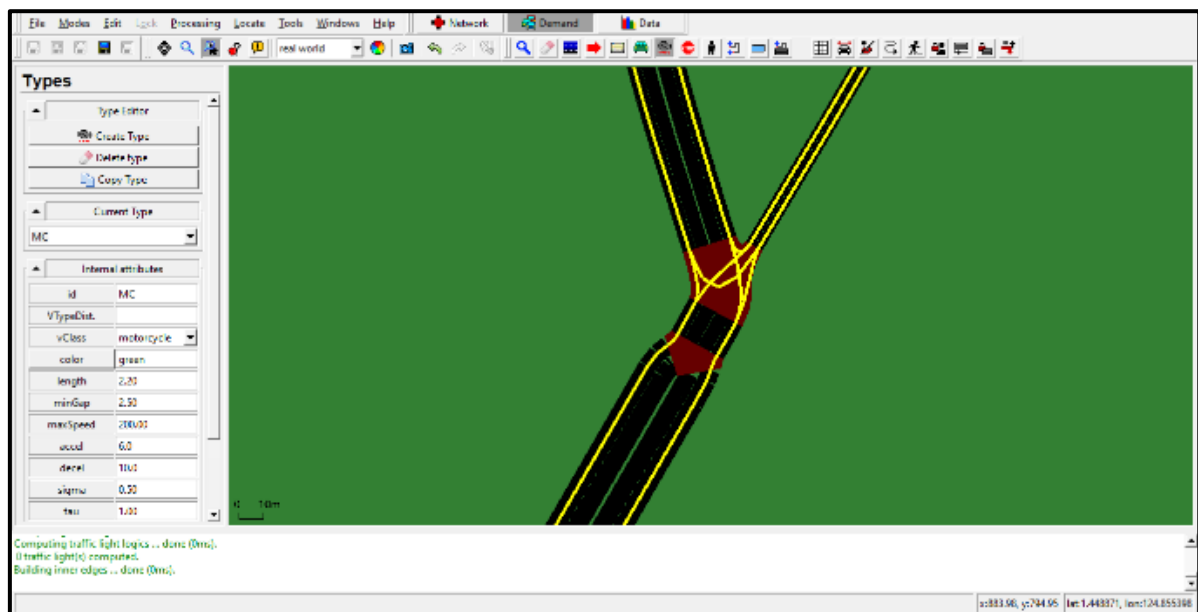
Gambar 2. Peta Lokasi Pada *Open Street Map*



Gambar 3. Jaringan Jalan di NetEdit



Gambar 4. Rute Perjalanan Kendaraan



Gambar 5. Parameter Model Kendaraan

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2
3 <!-- generated on 2022-10-19 09:40:34 by Eclipse SUMO netedit Version 1.12.0
4 -->
5
6 <routes xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.dlr.de/xsd/routes_file
7
8 <vType id="HV" length="7.10" maxSpeed="130.00" vClass="truck" color="red" accel="1.3" decel="4.0"/>
9 <vType id="LV" maxSpeed="200.00" color="yellow"/>
10 <vType id="MC" length="2.90" maxSpeed="200.00" vClass="motorcycle" color="green" accel="6.0" decel="10.0"/>
11 <flow id="HV12" type="HV" begin="0.00" color="red" from="730262335#2" to="744819666" via="730262335#3 730262335#4 -74480661:
12 <flow id="HV13" type="HV" begin="0.00" color="red" from="730262335#2" to="586181537" via="730262335#3 730262335#4 -74480661:
13 <flow id="HV21" type="HV" begin="0.00" color="red" from="744819665#0" to="744806612#0" via="744819665#1 744819665#2 74480661:
14 <flow id="HV23" type="HV" begin="0.00" color="red" from="744819665#0" to="586181537" via="744819665#1 744819665#2 -74480661:
15 <flow id="HV31" type="HV" begin="0.00" color="red" from="586181537" to="744819666" via="-713383571" end="3600.00" vehsPerH:
16 <flow id="LV12" type="LV" begin="0.00" from="730262335#2" to="744819666" via="730262335#3 730262335#4 -744806613#2" end="360
17 <flow id="LV13" type="LV" begin="0.00" from="730262335#2" to="586181537" via="730262335#3 730262335#4 -744806613#2 -74480661:
18 <flow id="LV21" type="LV" begin="0.00" from="744819665#0" to="744806612#0" via="744819665#1 744819665#2 744806613#2" end="36
19 <flow id="LV23" type="LV" begin="0.00" from="744819665#0" to="586181537" via="744819665#1 744819665#2 -744806613#2" end="360
20 <flow id="LV31" type="LV" begin="0.00" from="586181537" to="744806612#0" via="-713383571 744806613#2" end="3600.00" vehsPer:
21 <flow id="LV32" type="LV" begin="0.00" from="586181537" to="744819666" via="-713383571" end="3600.00" vehsPerHour="138.00",
22 <flow id="MC12" type="MC" begin="0.00" color="green" from="730262335#2" to="744819666" via="730262335#3 730262335#4 74480661:
23 <flow id="MC21" type="MC" begin="0.00" color="green" from="730262335#2" to="586181537" via="730262335#3 730262335#4 -74480661:
24 <flow id="MC23" type="MC" begin="0.00" color="green" from="744819665#0" to="744806612#0" via="744819665#1 744819665#2 74480661:
25 <flow id="MC31" type="MC" begin="0.00" color="green" from="744819665#0" to="586181537" via="744819665#1 744819665#2 -74480661:
26 <flow id="MC32" type="MC" begin="0.00" color="green" from="586181537" to="744806612#0" via="-713383571 744806613#2" end="3600.00"
27 <flow id="MC33" type="MC" begin="0.00" color="green" from="586181537" to="744819666" via="-713383571" end="3600.00" vehsPer:
28
29 </routes>

```

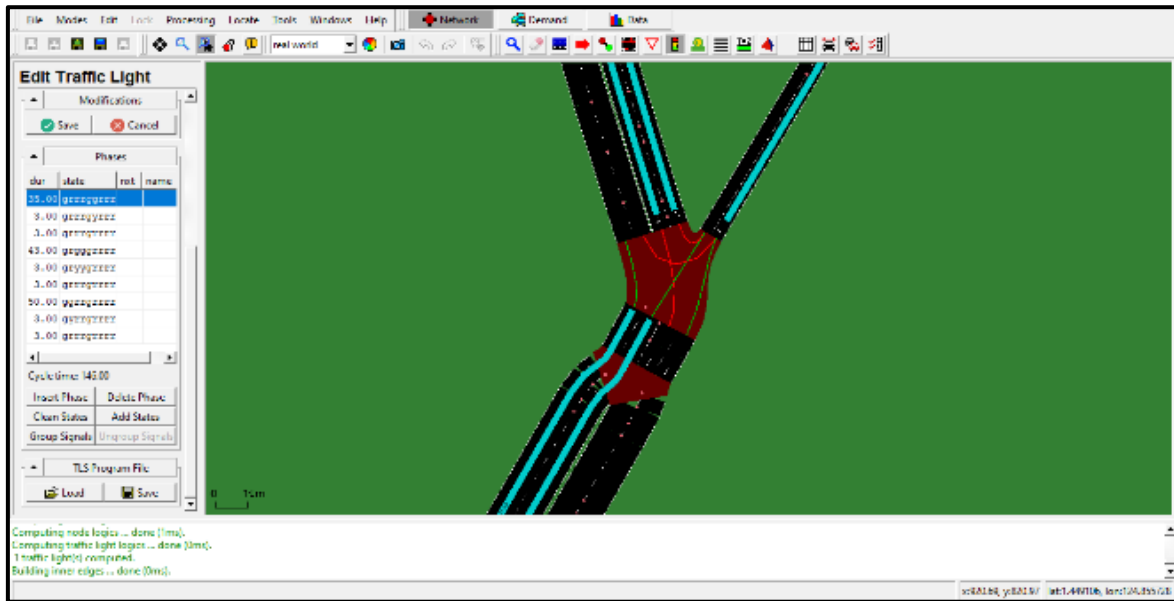
Gambar 6. Route File

```

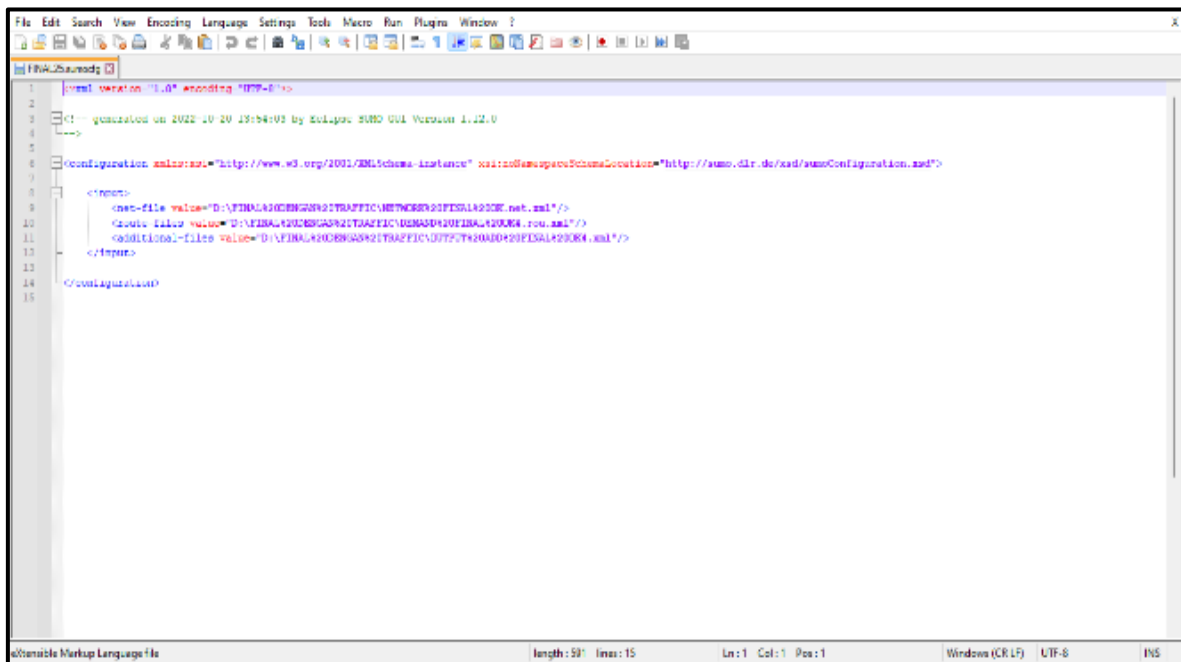
16 <geometry.min-radius.fix.sharpen value="false"/>
17 <geometry.max-grade.fix value="false"/>
18 <offset.disable-normalization value="true"/>
19 <leftand value="true"/>
20 </processing>
21
22 <junctions>
23 <no-turnarounds value="true"/>
24 <junctions.corner-detail value="5"/>
25 <junctions.limit-turn-speed value="5.5"/>
26 <rectangular-lane-cut value="false"/>
27 </junctions>
28
29 <pedestrian>
30 <walkingarea value="false"/>
31 </pedestrian>
32
33 <netedit>
34 <additional-files value="D:\SUMO\2022\10\19\09:40:34\Barr420\res\OTF7A2\AD0A2022\02\RES.xml"/>
35 </netedit>
36
37 <report>
38 <aggregate-warnings value="0"/>
39 </report>
40
41 </configuration>
42
43
44 <additional xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.dlr.de/xsd/additional_file.xml">
45 <cdDetector id="1a" lanes="730262335#2_1 730262335#3_1 730262335#4_1 744806613#2_1" pos="0.00" endPos="14.00" freq="300.00" file="1a.xml"/>
46 <cdDetector id="1b" lanes="730262335#2_1 730262335#3_1 730262335#4_1 744806613#2_1" pos="0.00" endPos="14.00" freq="300.00" file="1b.xml"/>
47 <cdDetector id="2a" lanes="744819665#0_1 744819665#1_1 744819665#2_1" pos="0.00" endPos="80.00" freq="300.00" file="2a.xml"/>
48 <cdDetector id="2b" lanes="744819665#0_1 744819665#1_1 744819665#2_1" pos="0.00" endPos="80.00" freq="300.00" file="2b.xml"/>
49 <cdDetector id="3" lanes="-586181537_0 -713383571_0" pos="0.00" endPos="256.00" freq="300.00" file="3.xml"/>
50 </additional>
51

```

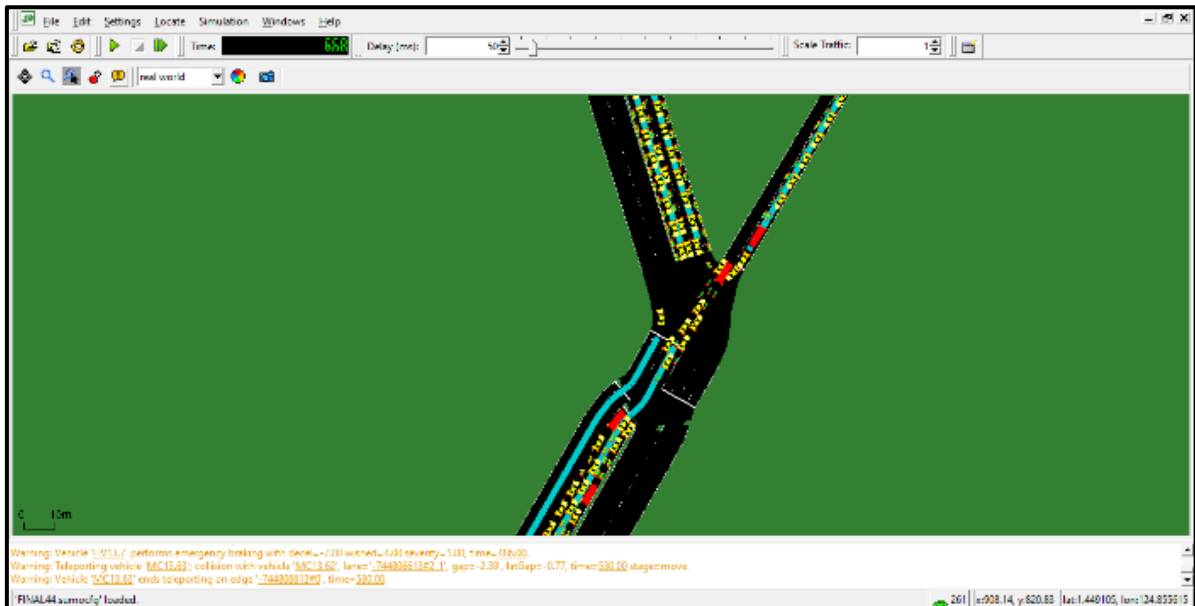
Gambar 7. Additional File



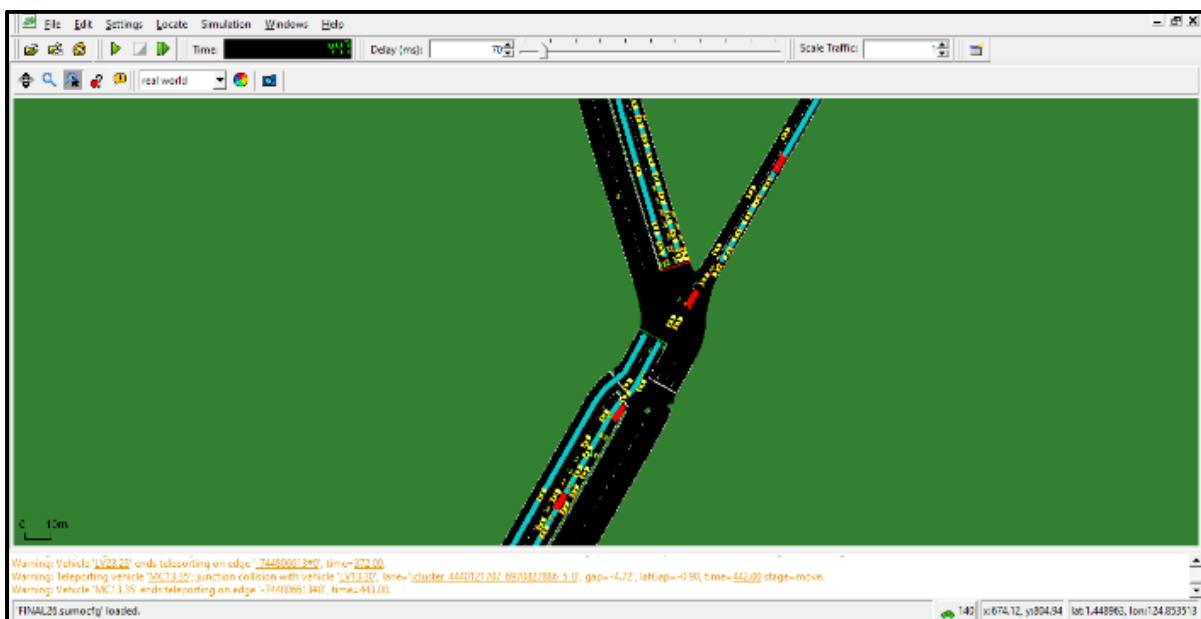
Gambar 8. Pengaturan Waktu Siklus



Gambar 9. Configuration File



Gambar 10. Simulasi Tanpa Traffic Light



Gambar 11. Simulasi Menggunakan Traffic Light

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Geometrik

Persimpangan yang dijadikan lokasi penelitian adalah simpang dengan tiga lengan di jalan Ring Road dan jalan Mangga. Bentuk geometrik masing-masing lengan memiliki ukuran yang berbeda, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 12.

B. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini meliputi Kapasitas, Derajat Kejenuhan, Tundaan, dan Peluang

Antrian. Dimana dalam analisa data menggunakan metode MKJI 1997.

1. Kapasitas (C)

$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI}$$

a. Kapasitas Dasar (C₀)

Nilai kapasitas dasar untuk kode simpang 344 adalah 3200 smp/jam.

b. Lebar Pendekat

Pendekat A (W_A) = 7,5 m

Pendekat B (W_B) = 5,5 m

Pendekat C (W_C) = 3,75 m

Lebar pendekat jalan utama;

$$W_{AC} = \frac{W_A + W_C}{2} = \frac{7,5 \text{ m} + 3,75 \text{ m}}{2} = 5,625 \text{ m}$$

Lebar rata-rata pendekat W_I ;

$$W_I = \frac{W_A + W_B + W_C}{3} = \frac{7,5 \text{ m} + 5,5 \text{ m} + 3,5 \text{ m}}{3} = 5,583 \text{ m}$$

Nilai faktor penyesuaian lebar rata-rata pendekat (F_W) untuk jenis simpang 344 menggunakan rumus:

$$F_W = 0,62 + 0,0646 W_I \\ F_W = 0,62 + 0,0646 \times 5,583 \\ F_W = 0,98068$$

c. Faktor penyesuaian median jalan utama (F_M)

Nilai faktor penyesuaian median jalan utama yaitu 1,05 karena ada median pada jalan utama.

d. Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})

Nilai faktor ukuran kota untuk kota kecil yaitu 0,88.

e. Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{RSU})

Untuk tipe lingkungan jalan komersial dan memiliki kelas hambatan samping yang sedang serta rasio kendaraan tak bermotor 0,00 maka nilai F_{RSU} yaitu 0,94.

f. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT})

Nilai Faktor penyesuaian belok kiri menggunakan rumus:

$$F_{LT} = 0,84 + 1,61 P_{LT} \\ F_{LT} = 0,84 + 1,61 \times 1,03969 \\ F_{LT} = 2,51390$$

g. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT})

Nilai Faktor penyesuaian belok kanan untuk jenis simpang 3 lengan menggunakan rumus:

$$F_{RT} = 1,09 - 0,922 P_{RT} \\ F_{RT} = 1,09 - 0,922 \times 0,49995 \\ F_{RT} = 0,62905$$

h. Faktor penyesuaian arus jalan minor (F_{MI})

Nilai F_{MI} untuk jenis simpang 344 dan rasio arus jalan minor 0,30242 menggunakan rumus:

$$F_{MI} = 1,11 \times P_{MI}^2 - 1,11 \times P_{MI} + 1,11 \\ F_{MI} = 1,11 \times P_{MI}^2 - 1,11 \times P_{MI} + 1,11 \\ F_{MI} = 0,87583$$

Jadi, nilai kapasitas simpang yaitu:

$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \\ C = 3200 \times 0,98068 \times 1,05 \times 0,88 \times 0,94 \times 2,51390 \\ \times 0,62905 \times 0,87583 \\ C = 3775,12 \text{ smp/jam}$$

2. Derajat Kejenuhan (DS)

$$DS = Q_{TOT} / C \\ DS = 3002,1 / 3775,12 \\ DS = 0,7952$$

3. Tundaan Lalu Lintas Simpang (DT_I)

$$DT_I = \{1,0504 / (0,2742 - 0,2024 \times DS)\} - (1-DS) \times 2 \\ DT_I = \{1,0504 / (0,2742 - 0,2024 \times 0,7952)\} - (1-0,7952) \times 2 \\ DT_I = 8,8659 \text{ det/smp}$$

4. Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (DT_{MA})

$$DT_{MA} = \{1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DS)\} - (1-DS) \times 1,8 \\ DT_{MA} = \{1,05034 / (0,346 - 0,246 \times 0,7952)\} - (1-0,7952) \times 1,8 \\ DT_{MI} = (3002,1 \times 8,8659 - 2094,2 \times 6,6163) / 907,9 \\ DT_{MI} = 14,0550 \text{ det/smp} \\ DT_{MA} = 6,6163 \text{ det/smp}$$

5. Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DT_{MI})

$$DT_{MI} = (Q_{TOT} \times DT_I - Q_{MA} \times DT_{MA}) / Q_{MI}$$

6. Tundaan Geometrik Simpang (DG)

$$DG = (1-DS) \times (P_T \times 6 + (1-P_T) \times 3) + DS \times 4 \\ DG = (1-0,7952) \times (1,53964 \times 6 + (1-1,53964) \times 3) + 0,7952 \times 4 \\ DG = 4,7410$$

7. Tundaan Simpang (D)

$$D = DG + DT_I \\ D = 4,7410 + 8,8659 \\ D = 13,6070$$

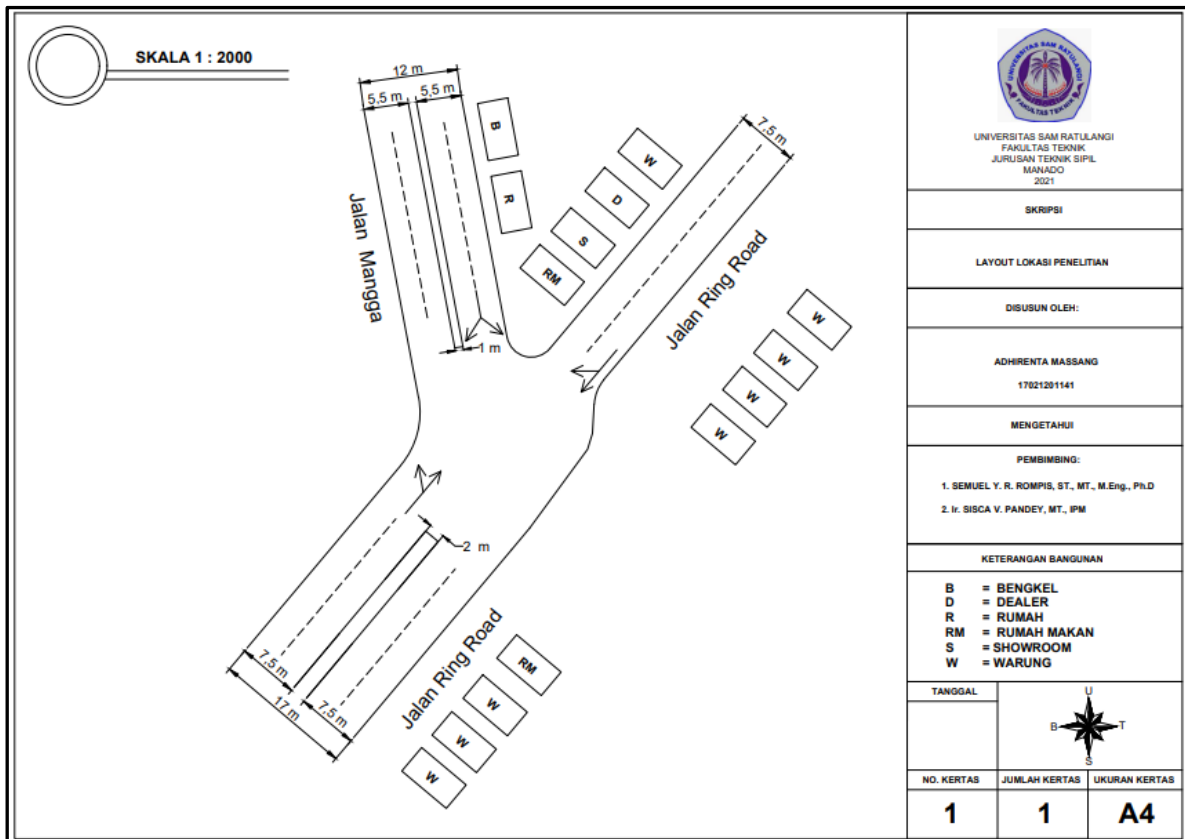
Peluang Antrian (QP%)

Peluang antrian dibagi menjadi dua yaitu untuk batas atas dan batas bawah (dibambil dalam persen), dihitung dengan rumus:

$$QP \% \text{ (batas bawah)} \\ = 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3 \\ = 9,02 \times 0,7952 + 20,66 \times 0,7952^2 + 10,49 \times 0,7952^3 \\ = 25,51$$

QP % (batas atas)

$$= 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3 \\ = 47,71 \times 0,7952 - 24,68 \times 0,7952^2 + 56,47 \times 0,7952^3 \\ = 50,73$$



Gambar 12. Layout Lokasi Penelitian

TABEL 1
Data Geometrik Jalan

No.	Data	Jalan	Jalan	Jalan
		Ring Road	Mangga	Ring Road
1	Kode Pendekat	Barat (B)	Utara (U)	Timur (T)
2	Jumlah Jalur	2	2	2
3	Jumlah Lajur	4	4	2
4	Lebar Masuk (W masuk)	7,5 m	5,5 m	3,75 m
5	Lebar Keluar (W keluar)	7,5 m	5,5 m	3,75 m
6	Median	2 m	1 m	Tidak Ada

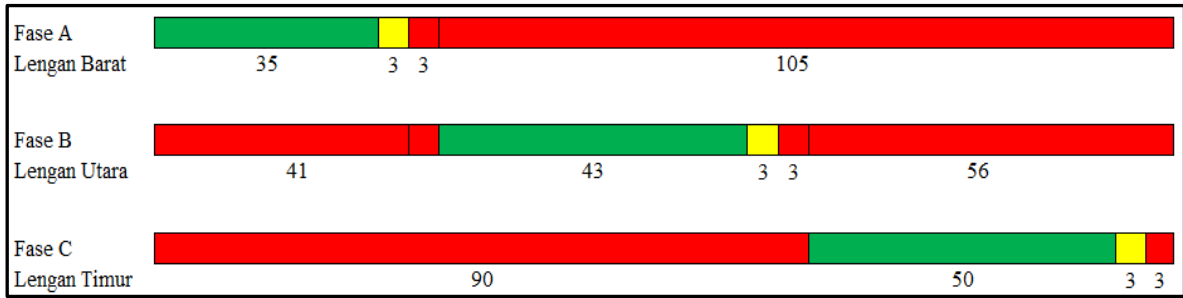
(Sumber: Pengamatan Langsung di Lapangan)

C. Pengaturan Fase Sinyal dan Waktu Siklus

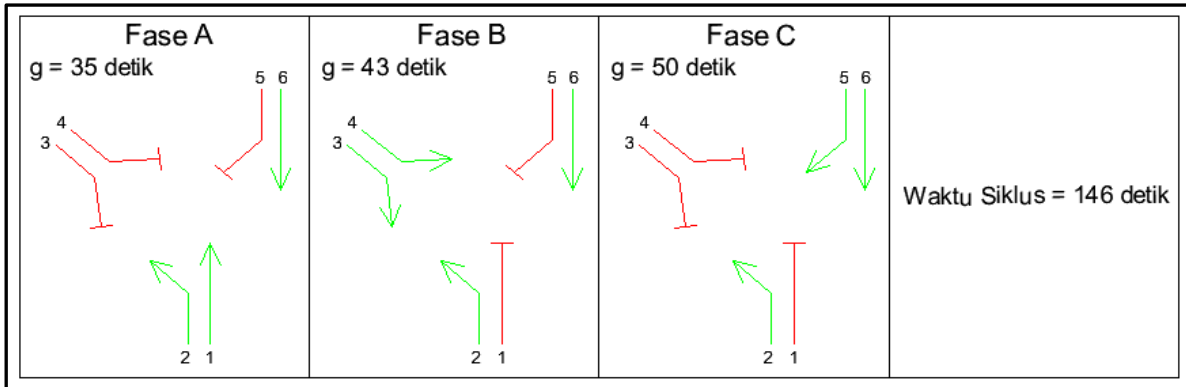
Dalam penelitian ini dilakukan banyak simulasi untuk mendapatkan panjang antrian yang relatif rendah pada tiap lengannya. Berikut ini beberapa simulasi menggunakan lampu lalu lintas (*traffic light*) dengan waktu siklus yang berbeda-beda yang dibagi menjadi Simulasi 1, Simulasi 2 dan Simulasi 3.

D. Perbandingan Simulasi Menggunakan Software SUMO

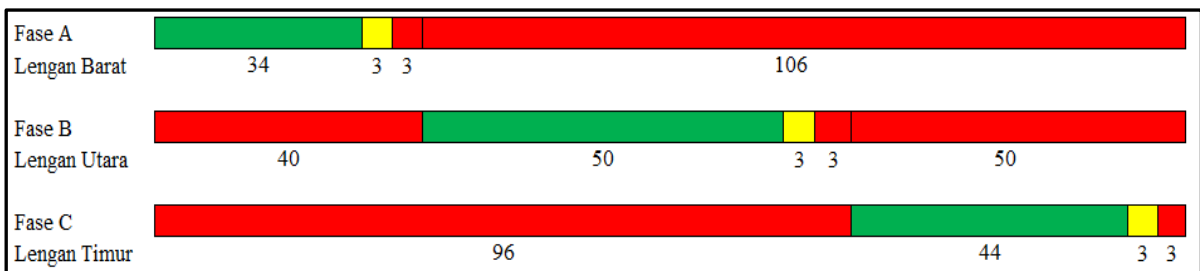
Berdasarkan hasil simulasi skenario perbandingan antara skenario 1 dan skenario 2 memiliki perbedaan panjang antrian. Dengan menggunakan *traffic light* dapat memberi kelancaran pada pergerakan arus lalu lintas dan mengurangi panjang antrian yang diperlihatkan pada Tabel 2.



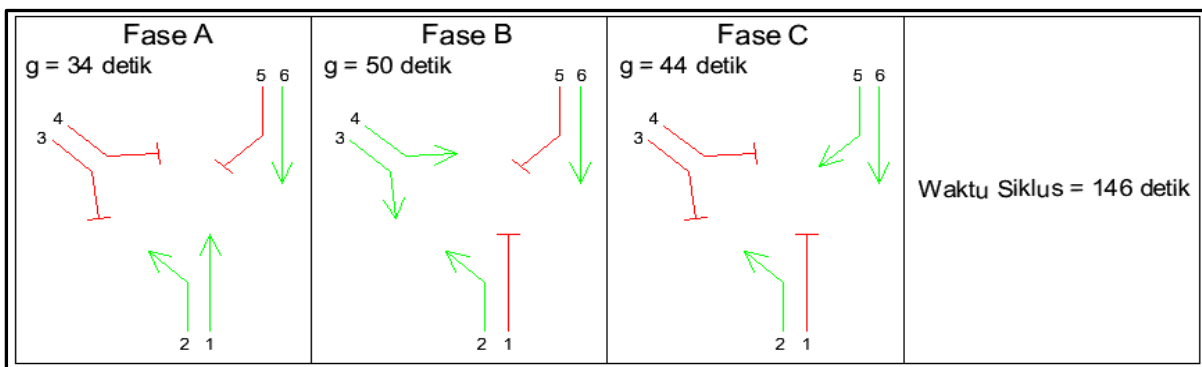
Gambar 13. Waktu Siklus Simulasi 1



Gambar 14. Diagram Waktu Sinyal Simulasi 1



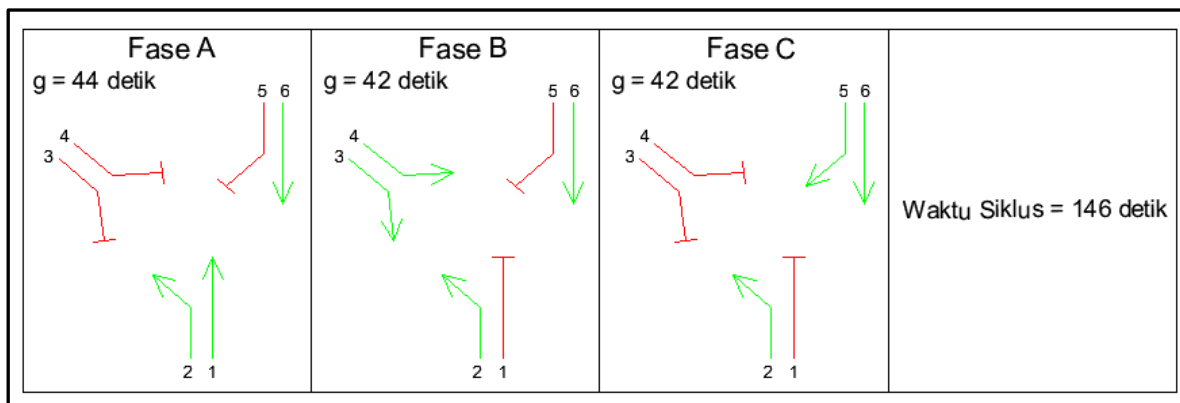
Gambar 15. Waktu Siklus Simulasi 2



Gambar 16. Diagram Waktu Sinyal Simulasi 2



Gambar 17. Waktu Siklus Simulasi 3



Gambar 18. Diagram Waktu Sinyal Simulasi 3

TABEL 2
Perbandingan Kondisi Lapangan dan Simulasi Menggunakan Software SUMO

Jam Puncak		Panjang Antrian (m)	
Pendekat	Lapangan	SUMO	
		Tanpa Traffic Light	Dengan Traffic Light
Lengan Barat	138	143	113
Lengan Utara	176	182,17	180,25
Lengan Timur	247	239,83	194,75

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian Efektifitas Peningkatan Kontrol Simpang Tidak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal (Studi Kasus:

Persimpangan jalan Ring Road dan jalan Mangga) diambil kesimpulan menggunakan jam puncak sebagai berikut:

1. Karakteristik lalu lintas pada persimpangan jalan Ring Road dan jalan Mangga didapatkan volume lalu lintas terjadi jam puncak pada hari Kamis, 26

- Agustus 2021 jam 17.00-18.00 Wita sebesar 3002,1 smp/jam dengan kecepatan pada Lengan Barat = 4,81 m/s, Lengan Utara = 4,69 m/s dan Lengan Timur = 4,25 m/s
2. Kinerja simpang berdasarkan analisa Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 diperoleh:
 - a. Nilai kapasitas (C) simpang sebesar 3775,12 smp/jam yang artinya sudah melebihi kapasitas dasar (C_0) yaitu 3200 smp/jam
 - b. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada simpang sebesar 0,7952 ($DS > 0,75$), maka perlu diadakan perbaikan geometrik jalan dan pengaturan arus dengan rambu-rambu lalu lintas sehingga dapat mengurangi derajat kejenuhan ($DS \leq 0,75$)
 - c. Waktu tundaan (D) pada persimpangan jalan Ring Road dan jalan Mangga diperoleh sebesar 13,6070 det/smp
 3. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak SUMO pada simulasi 1, simulasi 2 dan simulasi 3 yang diambil adalah simulasi 1 dengan waktu hijau Lengan Barat = 35 detik, Lengan Utara = 43 detik, dan Lengan Timur = 50 detik. Diambil simulasi 1 karena pada Lengan Timur memiliki panjang antrian yang lebih tinggi sehingga diberikan waktu hijau lebih lama. Panjang antrian yang dihasilkan melalui simulasi 1 adalah sebagai berikut:
 - a. Jalan Ring Road (Barat): 113 m
 - b. Jalan Mangga (Utara): 180,25 m

c. Jalan Ring Road (Timur): 194,75 m

B. Saran

Berdasarkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran sebagai bahan pertimbangan, yaitu:

1. Untuk mengurangi konflik yang terjadi pada persimpangan jalan Ring Road dan jalan Mangga diperlukan adanya pemasangan lampu lalu lintas (*traffic light*), sehingga dapat mengurangi terjadinya kemacetan dan melancarkan pergerakan arus lalu lintas
2. Perlu adanya pelebaran jalan Ring Road pendekat Timur sebagai jalan utama untuk memudahkan kendaraan yang bergerak lurus atau belok.

KUTIPAN

- [1] Anonim, 1997. *MANUAL KAPASITAS JALAN INDONESIA*. Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum
- [2] Badan Pusat Statistik, Kota Manado. <https://sulut.bps.go.id/indicator/12/45/1/jumlah-penduduk-kabupaten-kota.html>, 30 April 2021.
- [3] Hobbs F. D., 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- [4] Morlok, E. K., (1995). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Penerbit: Erlangga.