

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Lingkungan

Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan pada tanggal 19 Desember 2016, yang dilakukan secara visual. Maka, simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dikategorikan sebagai lingkungan komersial karena terdapat lahan niaga seperti toko, perkantoran, rumah makan, dll. dimana akses jalan langsung untuk kendaraan dan pejalan kaki (*pedestrian*). Data lingkungan pada simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data lingkungan Simpang APILL Demak Ijo.

Nama Jalan	Kondisi Lingkungan	Hambatan Samping	Median	Kelandaian Pendekat (%)	BKiJT
Jl. Ring Road Barat (U)	Komersial	Rendah	Ya	0	Ya
Jl. Godean (T)	Komersial	Tinggi	Tidak	0	Ya
Jl. Ring Road Barat (S)	Komersial	Rendah	Ya	0	Ya
Jl. Godean (B)	Komersial	Tinggi	Tidak	0	Ya

Simpang APILL Demak Ijo terletak di Kabupaten Sleman Yogyakarta yang dikategorikan sebagai kota besar, berdasarkan jumlah penduduk yang terdapat di Kabupaten Sleman yaitu 1.167.481 jiwa. Berdasarkan data survei Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman yang dilakukan pada tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Banyaknya Penduduk menurut Jenis Kelamin dan Rasio per Kecamatan di Kabupaten Sleman 2015

Kabupaten	Laki-Laki	Perempuan	Jumlah	Rasio jenis kelamin
1. Moyudan	15 150	15 569	30 719	97.31
2. Minggir	14 186	14 768	28 954	96.06
3. Seyegan	23 356	23 513	46 869	99.33
4. Godean	35 548	352 066	70 754	100.97
5. Gamping	53 728	52 602	106 330	102.14

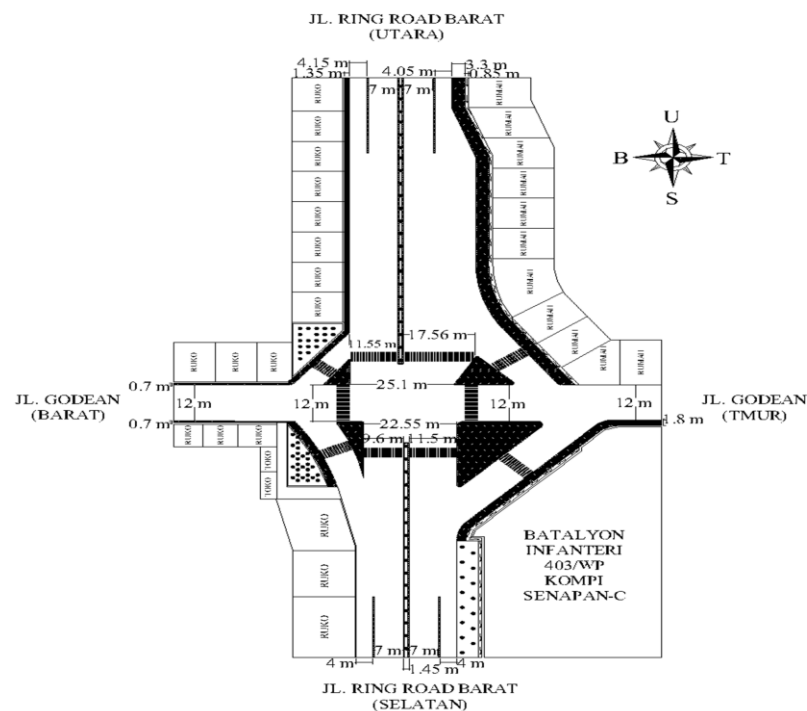
Tabel 5.2 Lanjutan

6. Mlati	57 332	53 848	111 180	106.47
7. Depok	96 354	89 353	185 707	107.84
8. Berbah	28 299	28 532	56 831	99.18
9. Prambanan	23 937	24 482	48 419	97.77
10. Kalasan	41 998	42 152	84 150	99.63
11. Ngemplak	32 018	32 169	64 187	99.53
12. Ngaglik	58 201	57 120	115 321	101.89
13. Sleman	32 938	33 629	66 567	97.95
14. Tempel	25 230	25 398	50 628	99.34
15. Turi	17 058	17 131	34 189	99.57
16. Pakem	18 605	18 825	37 430	98.83
17. Cangkringan	14 430	14 816	29 246	97.39
Jumlah / Total	588 368	579 113	1 167 481	101.6

(Sumber : Badan Pusat Statistik D.I.Y, 2015)

B. Geometrik Simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta

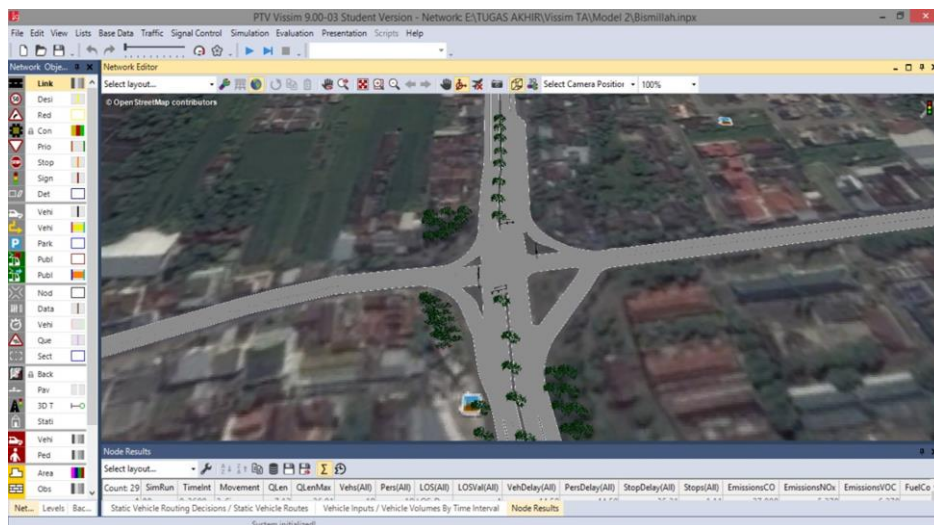
Berdasarkan hasil survei yang dilakukan pada tanggal 17 Desember 2016, yang dilakukan dengan cara mengukur lebar pada setiap ruas ataupun lengan pada simpang APILL Demak Ijo. Kondisi geometrik simpang APILL Demak Ijo dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Tabel 5.3.



Gambar 5.1 Geometrik simpang APILL Demak Ijo.

Tabel 5.3 Data geometrik simpang APILL Demak Ijo

Nama Jalan	Pendekat (m)			
	Lebar Lajur awal (L)	Lebar pada garis henti (LM)	Lebar Pada lajur belok kiri (LBKiJT)	Lebar Pada lajur keluar (LK)
Jl. Ring Road Barat (U)	11	17,56	2,5	11,5
Jl. Godean (T)	12	7	2	5
Jl. Ring Road Barat (S)	11	9,6	2	11,55
Jl. Godean (B)	12	7	2	5

Gambar 5.2 Geometrik simpang APILL Demak Ijo pada *software vissim*.

C. Kondisi *Traffic Light* dan Fase

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan pada tanggal 17 Desember 2016, yang dilakukan dengan cara menghitung waktu hijau, merah, dan kuning pada simpang APILL Demak Ijo. Kondisi *traffic light* simpang APILL Demak Ijo dapat dilihat pada Tabel 5.4.

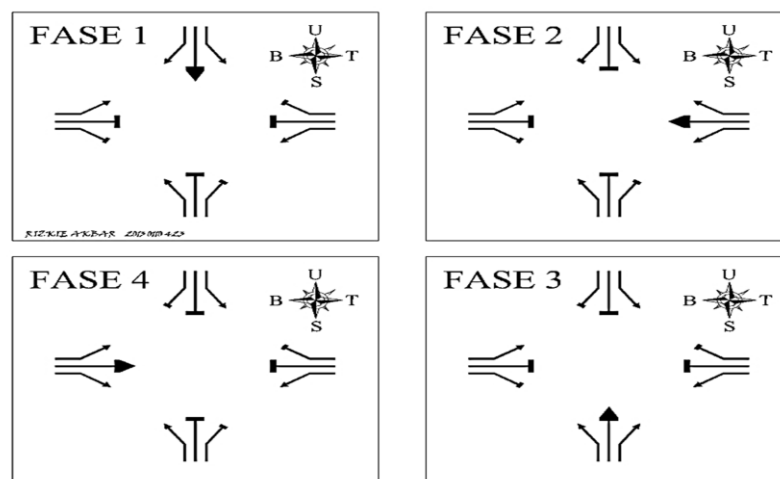
Untuk mengetahui waktu *all red*, maka dapat dihitung dengan cara yang terdapat pada Pedoman Kinerja Jalan Indonesia (PKJI) 2014 atau dengan cara survei lapangan dengan berulang kali agar data tersebut lebih akurat.

$$\begin{aligned}
 \text{All Red} &= \text{Waktu siklus total} - \sum (\text{waktu hijau} + \text{waktu kuning}) / \\
 &\quad \text{jumlah fase} \\
 &= 148 - (35+25+35+25+3+3+3+3) / 4 \\
 &= 4 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Hasil yang didapatkan dari perhitungan waktu *all red* pada setiap fase yaitu 4 detik. Pada simpang APILL demak Ijo terdapat 4 fase yang akan dijelaskan pada Gambar 5.3 urutan fase sesuai arah jarum jam.

Tabel 5.4 Kondisi eksisting *traffic light* simpang APILL Demak Ijo

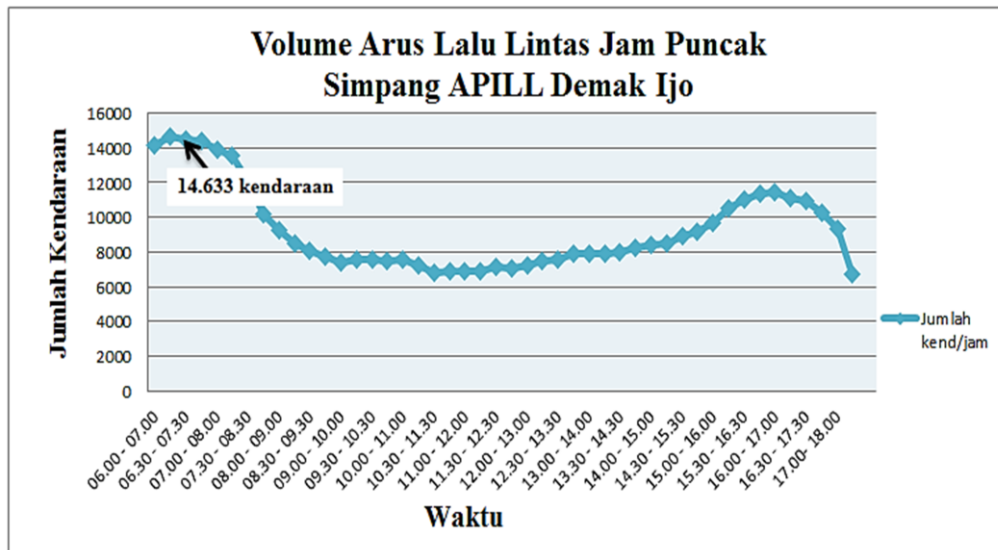
Sinyal	Lengan	Tipe pendekatan	Waktu (Detik)			
			Merah	Hijau	Kuning	All Red
Fase 1	Jl. Ring Road Barat (U)	Terlindung (qp)	138	35	3	4
Fase 2	Jl. Godean (T)	Terlindung (qp)	148	25	3	4
Fase 3	Jl. Ring Road Barat (S)	Terlindung (qp)	138	35	3	4
Fase 4	Jl. Godean (B)	Terlindung (qp)	148	25	3	4
Waktu siklus (detik)					148	



Gambar 5.3 Kondisi eksisting fase pada simpang APILL Demak Ijo.

D. Volume Arus Lalu Lintas

Volume arus lalu lintas yang digunakan adalah volume lalu lintas jam puncak (VJP), dari hasil survei yang telah dilakukan pada penelitian terdahulu jam puncak dari arus lalu lintas simpang APILL Demak Ijo adalah jam 06.15 s.d 07.15 WIB dengan jumlah 14.633 kendaraan. Kondisi volume lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 5.4, Gambar 5.5 dan Tabel 5.5 yang menjelaskan volume lalu lintas simpang APILL Demak Ijo melalui grafik dan tabel distribusi kendaraan pada jam puncak.



Gambar 5.4 Grafik volume lalu lintas simpang APILL Demak Ijo.

Tabel 5.5 Data volume lalu lintas jam puncak (VJP) simpang APILL Demak Ijo

Waktu	Lengan	KB	KR	SM	KTB	Jumlah	
6.15 s.d 7.15 Wib	Utara (Lengan A)	Belok Kiri	1	68	540	16	625
		Lurus	26	332	1135	2	1495
		Beok Kanan	5	118	452	0	575
	Total		32	518	2127	18	2695
	Timur (lengan B)	Belok Kiri	1	87	268	2	358
		Lurus	6	91	749	7	853
		Beok Kanan	2	50	482	19	553
	Total		9	228	1499	28	1764
	Selatan (Lengan C)	Belok Kiri	5	21	87	6	119
		Lurus	28	689	3118	8	3843
		Beok Kanan	5	67	434	2	529
	Total		38	777	3639	16	4491
	Barat (Lengan D)	Belok Kiri	1	210	650	9	870
		Lurus	6	169	3838	34	4047
		Beok Kanan	0	62	703	1	766
	Total		7	441	5191	44	5683

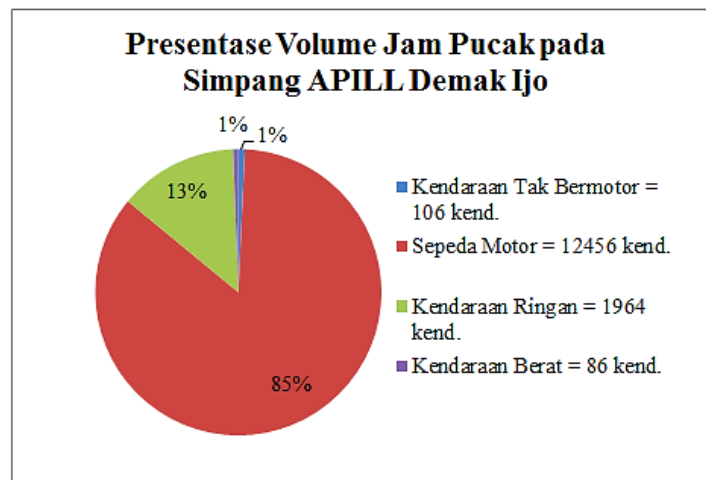
Keterangan :

KB = Kendaraan Berat

KR = Kendaraan Ringan

SM = Sepeda Motor

KTB = Kendaraan Tak Bermotor



Gambar 5.5 Presentase kendaraan pada jam puncak.

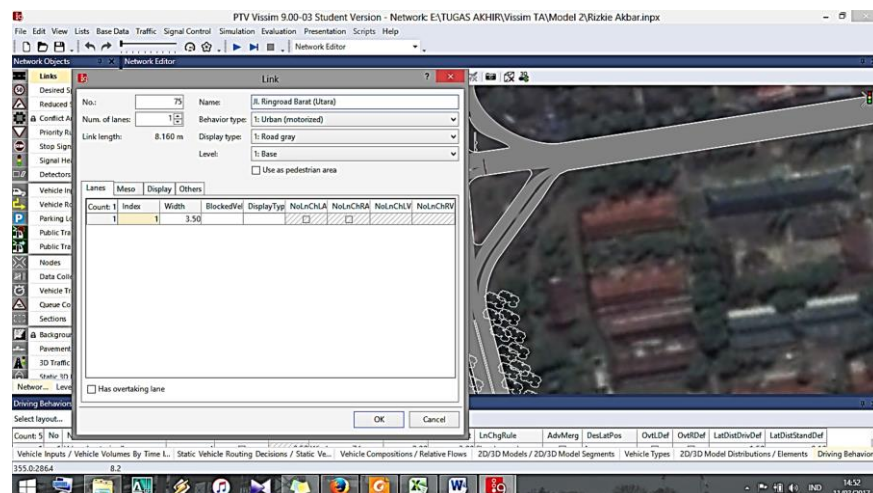
E. Pemodelan PTV. Vissim 9

Pemodelan vissim adalah suatu proses peniruan atau gambaran dari suatu objek dan tata guna lahan pada kondisi eksisting yang dibuat menggunakan *software vissim*. Berikut ini adalah langkah-langkah penggunaan *software vissim* untuk analisis kinerja simpang adalah sebagai berikut :

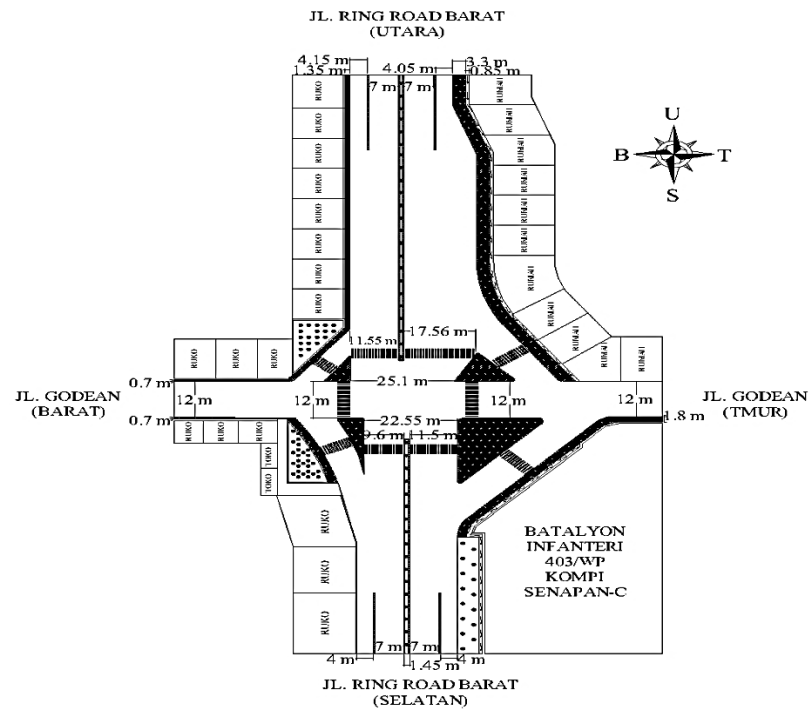
1. Input data

a. Background

Background digunakan sebagai peta yang dapat menggambarkan geometrik jalan dan kondisi lingkungan. *Background* simpang APILL Demak Ijo dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan *background* simpang APILL Demak Ijo dapat dilihat pada Gambar 5.7.



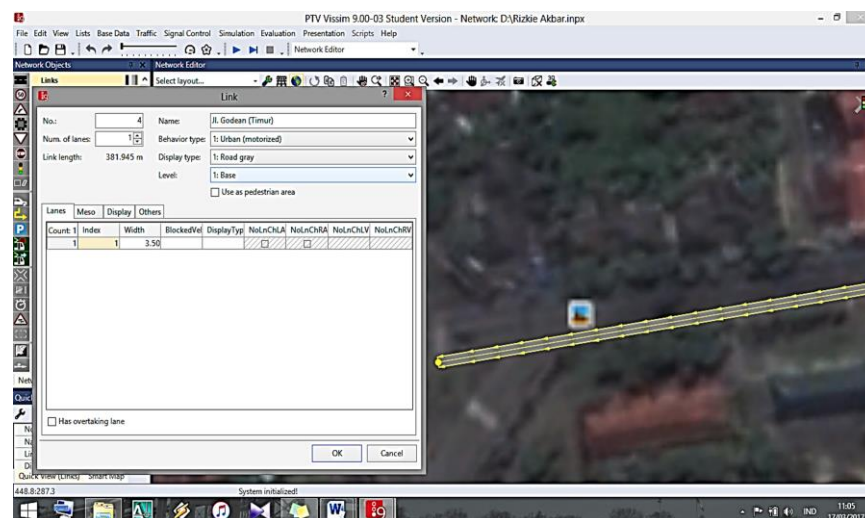
Gambar 5.6 *Background* pemodelan pada *software vissim 9*.



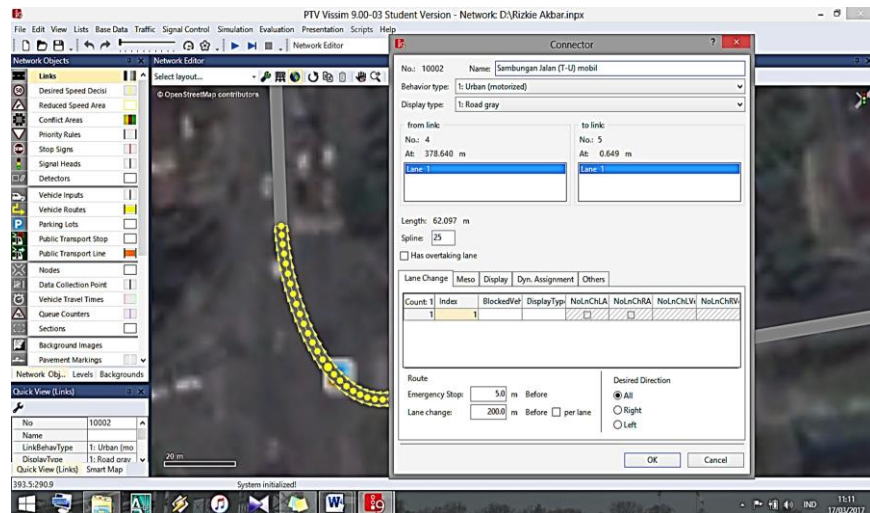
Gambar 5.7 Background simpang APILL Demak Ijo.

b. Jaringan jalan (*link* dan *connectors* jalan)

Link digunakan untuk membuat geometrik jalan, dan *connectors* digunakan untuk menghubungkan *link*. sehingga jalan yang dibuat dapat menggambarkan bagaimana kondisi eksisting. Tampilan *link* dan *connector* dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9.



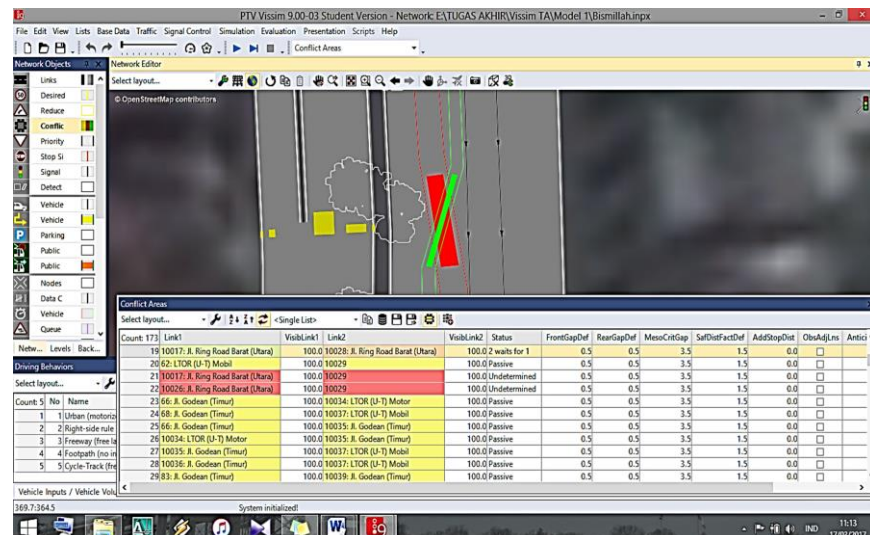
Gambar 5.8 Membuat *link* sesuai dengan geometrik jalan eksisting.



Gambar 5.9 Membuat *connectors* untuk menghubungkan jaringan jalan (*link*).

c. *Conflict area*

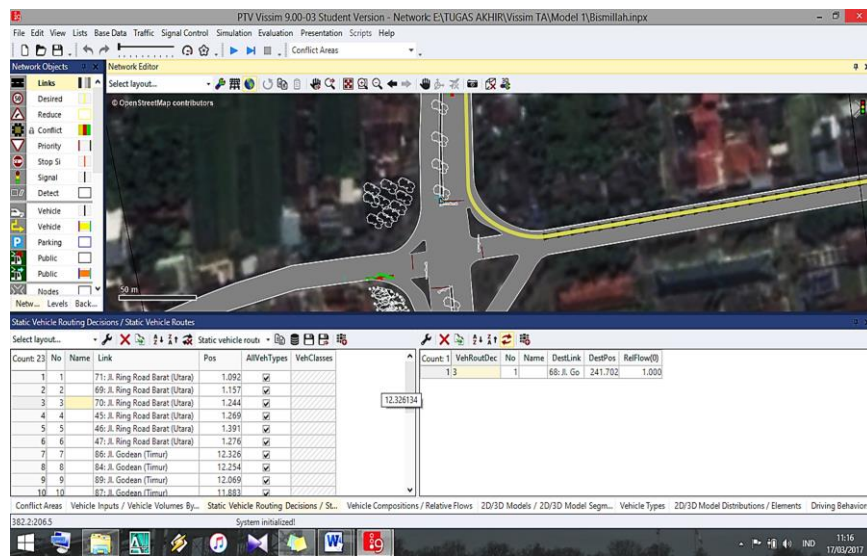
Conflict area digunakan untuk mengontrol kendaraan agar tidak saling bertabrakan, tampilan *conflict area* dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Membuat *conflict area* pada *software vissim*.

d. *Vehicle routes*

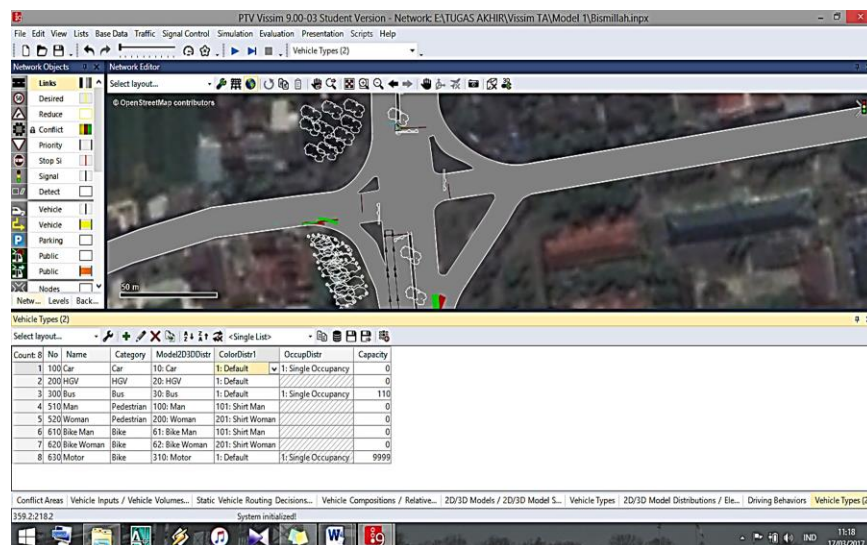
Vehicle routes digunakan untuk membuat rute perjalanan yang akan dilalui kendaraan pada *software vissim*, tampilan *vehicle routes* dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Membuat rute perjalanan pada *software vissim*.

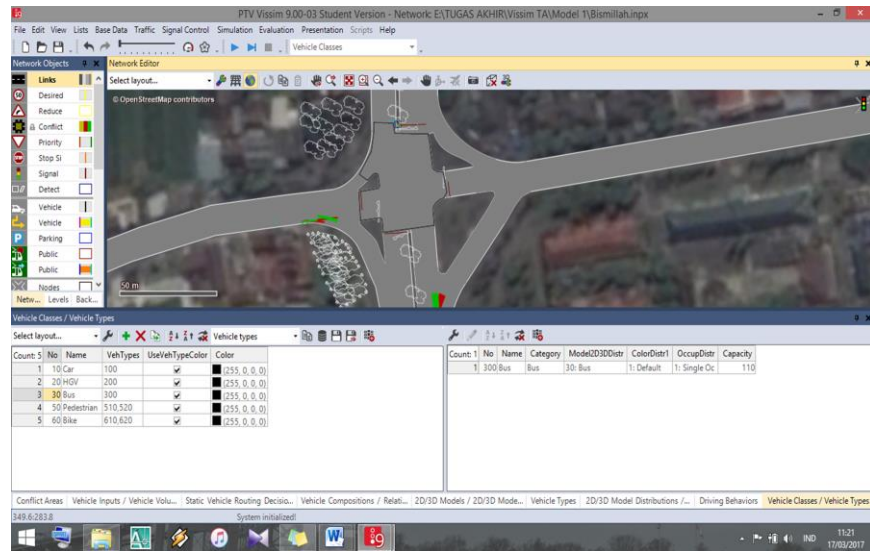
e. *Vehicle types, vehicle classes, dan vehicle composition*

Vehicle types digunakan untuk menggabungkan kendaraan dengan karakteristik mengemudi yang dapat dilihat pada Gambar 5.12.



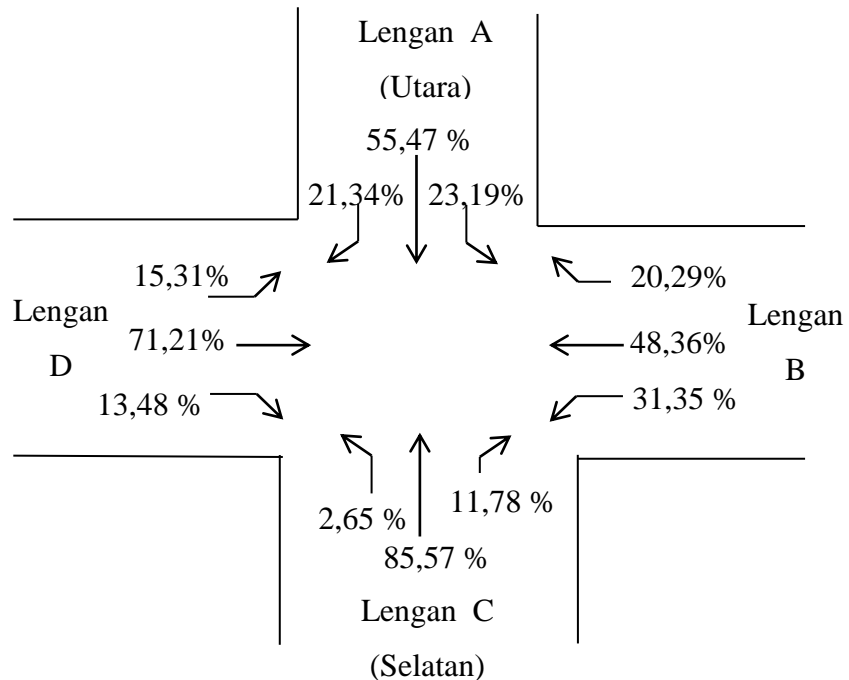
Gambar 5.12 *Vehicle types*.

Vehicle classes digunakan untuk menggabungkan jenis kendaraan yang dapat dilihat pada Gambar 5.13.

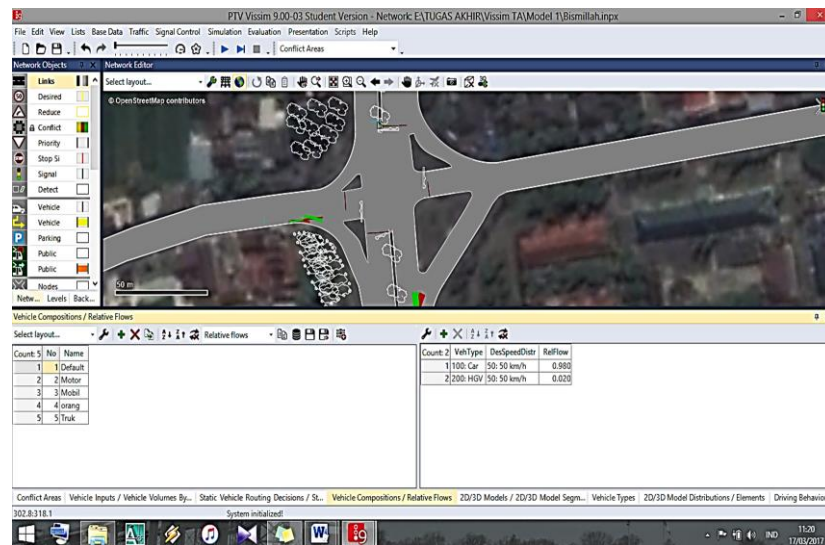


Gambar 5.13 Vehicle classes.

Vehicle composition digunakan untuk menentukan komposisi dari jenis kendaraan yang akan di masukkan dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan 5.15.



Gambar 5.14 Komposisi kendaraan pada jam puncak di simpang APILL Demak Ijo.



Gambar 5.15 *Vehicle composition*.

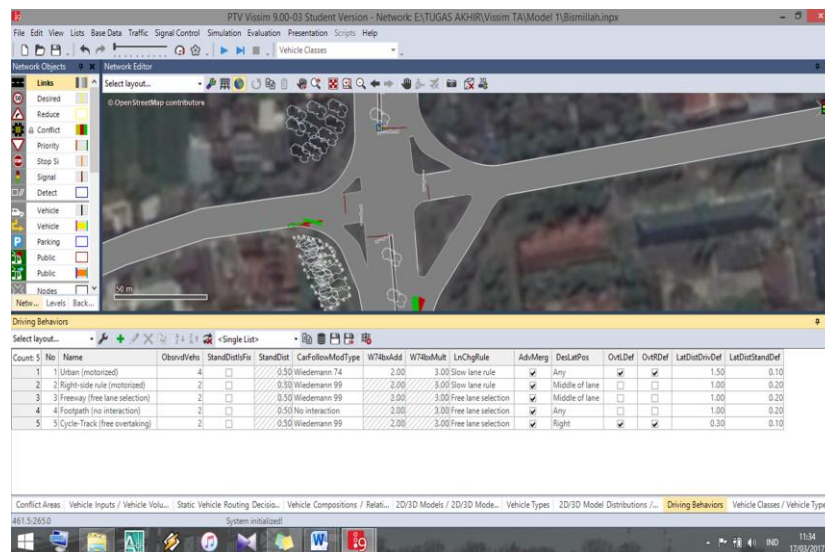
f. Perilaku pengendara (*Driving behavior*)

Driving behavior adalah perilaku pengemudi yang merupakan sifat individu yang terjadi di lapangan karena adanya interaksi faktor kecepatan, jarak kendaraan, penurunan kecepatan, serta aturan lalu lintas yang ada. *Driving behavior* digunakan untuk mengatur perilaku pengemudi agar bisa menyesuaikan perilaku pengemudi kendaraan sesuai dengan keadaan eksisting. Pengaturan *driving behavior* pada *software vissim* dapat diatur sifat perilaku pengemudi dengan menentukan parameter-parameternya, parameter tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) *Car following model* (perilaku pengemudi dalam mengikuti kendaraan satu sama lain).
- 2) *Following behavior* (perilaku pengemudi dalam menjaga jarak aman depan dan belakang antara satu kendaraan dengan kendaraan lain).
- 3) *Lane change behavior* (perilaku pengemudi dalam memilih lajur kosong untuk meminimalkan jarak dan waktu).
- 4) *Lateral behavior* (perilaku pengemudi dalam menjaga jarak aman samping antara satu kendaraan dengan kendaraan lain).

5) *Behavior at signal controllers* (perilaku pengemudi saat berada di area persinyalan, yaitu tetap melaju ataupun berhenti).

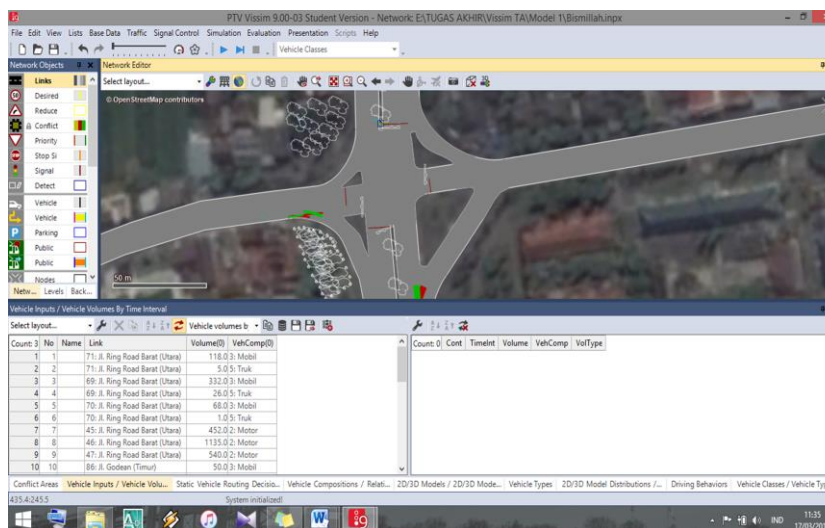
Pada penelitian ini *desired lateral position* diubah menjadi *any* sehingga kendaraan dapat mendahului kendaraan di depannya melalui sisi kanan dan kiri. Pengaturan *driving behavior* dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Pengaturan *driving behavior*.

g. *Vehicle input*

Vehicle input digunakan untuk memasukkan volume arus lalu lintas pada keadaan eksisting sehingga dapat menggambarkan besarnya volume lalu lintas yang terjadi pada kondisi eksisting. Tampilan *vehicle input* dapat dilihat pada Gambar 5.17.

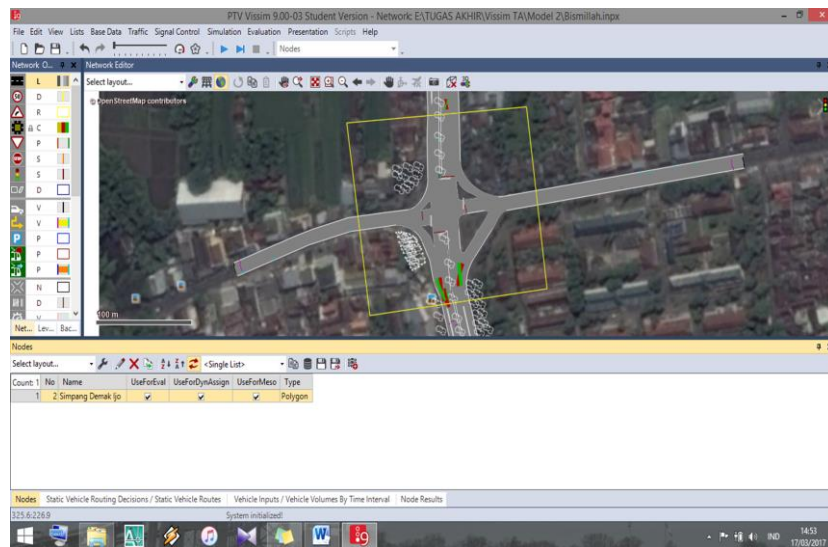


Gambar 5.17 *Vehicle input*.

2. Proses *running software vissim 9*

a. Membuat *nodes*

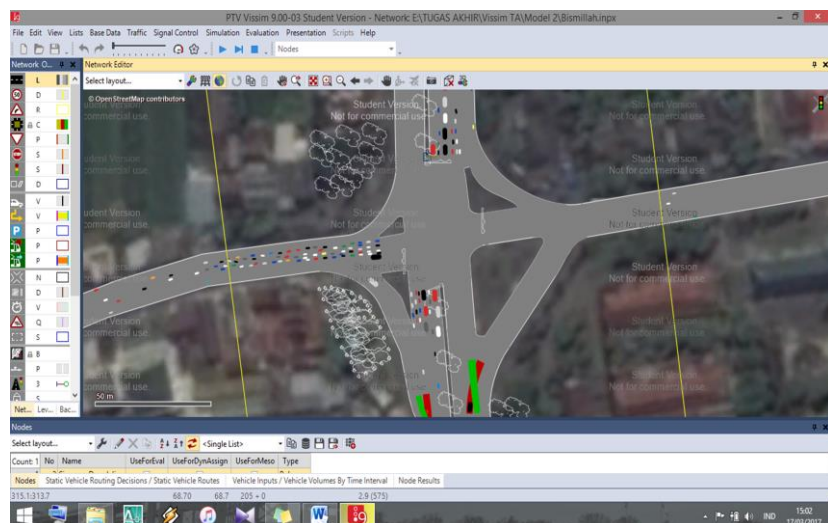
Nodes digunakan untuk membuat daerah atau wilayah yang akan di analisis pada *software vissim*. Tampilan *nodes* dapat dilihat pada Gambar 5.18.



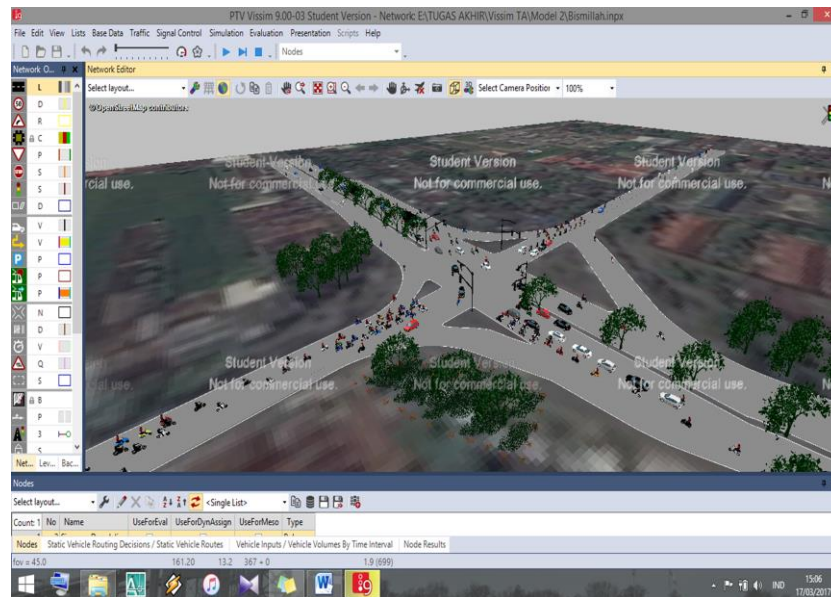
Gambar 5.18 *Nodes*.

b. *Running analisis*

Running analisis digunakan untuk menganalisis kinerja dari pemodelan yang telah dibuat pada *software vissim* dan mendapatkan gambaran kondisi eksisting dari simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta, tampilan *running software vissim 2D* dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan 3D pada Gambar 5.20.



Gambar 5.19 *Running software vissim 2D* pada simpang APILL Demak Ijo.



Gambar 5.20 *Running software vissim 3D* pada simpang APILL Demak Ijo.

1. Hasil atau out put dari software vissim 9

Analisis kinerja simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta pada kondisi eksisting menggunakan *software vissim* untuk mengetahui nilai akhir dari analisis pemodelan *software vissim* adalah sebagai berikut :

a. Panjang Antrian Rata-rata dan Maksimum

Nilai panjang antrian adalah 48,73 meter dan nilai panjang antrian maksimum adalah 214,42 meter.

b. Jumlah Kendaraan yang lewat saat *Running Program Vissim*

Jumlah Kendaraan yang lewat saat *Running Program Vissim* adalah 1101 kendaraan.

c. Tingkat Pelayanan (*Level Of Service*)

Nilai tingkat pelayanan simpang APILL adalah F.

d. Tundaan

Nilai tundaan adalah 80 det/skr.

Hasil analisis *software vissim 9* pada kondisi eksisting simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil analisis kondisi eksisting simpang APILL Demak Ijo

TIMEINT	Lengan	Arah	QLen (m)	QLen Max (m)	Vehs (All) (kend.)	Pers (All) (orang)	LOS (All)	LOS Val (All)	Veh Delay (All) (detik)	Pers Delay (All) (detik)	Stop Delay (All) (detik)	Stops (All) (kend.)
0-3600	Utara	(U) - (T)	1.24	20.51	96	96	LOS_A	1	8.36	8.36	1.68	0.75
0-3600		(U) - (S)	103.21	201.34	143	143	LOS_F	6	123.42	123.42	106.14	2.43
0-3600		(U) - (B)	20.74	67.7	73	73	LOS_E	4.5	60.685	60.68	49.48	1.02
0-3600	Timur	(T) - (S)	1.12	18.24	64	64	LOS_A	1	3.055	3.055	2.235	0.14
0-3600		(T) - (B)	72.49	150.5	86	86	LOS_F	6	110.25	110.25	85.92	2.13
0-3600		(T) - (U)	23.81	58.31	62	62	LOS_E	4.5	58.975	58.975	52.845	0.94
0-3600	Selatan	(S) - (B)	0.38	13.3	39	39	LOS_A	3	37.31	37.31	25.445	1.4
0-3600		(S) - (U)	128.18	186.33	143	143	LOS_F	6	135.61	135.61	104.975	4.07
0-3600		(S) - (T)	13.39	69.96	76	76	LOS_D	4	48.42	48.425	37.26	1.21
0-3600	Barat	(B) - (U)	0	12.07	145	145	LOS_A	1	1.195	1.195	0.52	0.18
0-3600		(B) - (T)	173.92	214.42	87	87	LOS_F	6	232.63	232.63	196.73	4.83
0-3600		(B) - (S)	46.225	122.37	87	87	LOS_D	5	139.07	139.07	72.035	0.98
0-3600	Rata-rata		48.73	214.42	1101	1101	LOS_F	6	80	80	61.27	1.68

F. Analisis Biaya Kemacetan

Berdasarkan model yang berkaitan antara kecepatan dengan biaya kemacetan (Tzedakis, 1980). Biaya kemacetan dapat dihitung pada Persamaan 3.7 yaitu :

$$C = N * \left[GA + \left(1 - \frac{A}{B} \right) V' \right] T$$

Keterangan :

C	= Biaya kemacetan (Rp)
N	= Jumlah kendaraan (skr/jam)
G	= Biaya operasional kendaraan (Rp//Kend.Km)
A	= Kendaraan dengan kecepatan eksisting (Km/Jam)
B	= Kendaraan dengan kecepatan ideal (Km/Jam)
V'	= Nilai waktu perjalanan (Rp/skr.Jam)
T	= jumlah waktu antrian (Jam)

1. N = Jumlah Kendaraan (skr/jam)

Volume kendaraan pada lengan timur simpang APILL Demak Ijo

Yogyakarta dapat menggunakan persamaan berikut :

a. Lengan Utara

- 1) Jumlah kendaraan sepeda motor (Q_{SM})

$$\begin{aligned} N_{Q_{SM}} &= (Q_{SM} \text{ lurus} + Q_{SM} \text{ belok kanan}) \times EKR_{SM} \\ &= (1135 + 452) \times 0,15 \\ &= 238,005 \text{ skr/jam} \end{aligned}$$

- 2) Jumlah kendaraan ringan (Q_{KR})

$$\begin{aligned} N_{Q_{KR}} &= (Q_{KR} \text{ lurus} + Q_{KR} \text{ belok kanan}) \times EKR_{KR} \\ &= (332 + 118) \times 1,00 \\ &= 450 \text{ skr/jam} \end{aligned}$$

- 3) Jumlah kendaraan berat (Q_{KB})

$$\begin{aligned} N_{Q_{KB}} &= (Q_{KB} \text{ lurus} + Q_{KB} \text{ belok kanan}) \times EKR_{KB} \\ &= (26 + 5) \times 1,30 \\ &= 40,3 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

- 1) Jumlah kendaraan sepeda motor (Q_{SM})

$$N_{Q_{SM}} = (Q_{SM} \text{ lurus} + Q_{SM} \text{ belok kanan}) \times EKR_{SM}$$

$$= 749 + 482 \times 0,15$$

$$= 184,65 \text{ skr/jam}$$

2) Jumlah kendaraan ringan (Q_{KR})

$$N_{Q_{KR}} = (Q_{KR} \text{ lurus} + Q_{KR} \text{ belok kanan}) \times E_{KR}$$

$$= (91 + 50) \times 1,00$$

$$= 141 \text{ skr/jam}$$

3) Jumlah kendaraan berat (Q_{KB})

$$N_{Q_{KR}} = (Q_{KR} \text{ lurus} + Q_{KR} \text{ belok kanan}) \times E_{KR_{KB}}$$

$$= (6 + 2) \times 1,30$$

$$= 10,4 \text{ skr/jam}$$

c. Lengan Selatan

1) Jumlah kendaraan sepeda motor (Q_{SM})

$$N_{Q_{SM}} = (Q_{SM} \text{ lurus} + Q_{SM} \text{ belok kanan}) \times E_{KR_{SM}}$$

$$= (3118 + 434) \times 0,15$$

$$= 532,8 \text{ skr/jam}$$

2) Jumlah kendaraan ringan (Q_{KR})

$$N_{Q_{KR}} = (Q_{KR} \text{ lurus} + Q_{KR} \text{ belok kanan}) \times E_{KR}$$

$$= (689 + 67) \times 1,00$$

$$= 756 \text{ skr/jam}$$

3) Jumlah kendaraan berat (Q_{KB})

$$N_{Q_{KR}} = (Q_{KR} \text{ lurus} + Q_{KR} \text{ belok kanan}) \times E_{KR_{KB}}$$

$$= (28 + 5) \times 1,30$$

$$= 42,9 \text{ skr/jam}$$

d. Lengan Barat

1) Jumlah kendaraan sepeda motor (Q_{SM})

$$N_{Q_{SM}} = (Q_{SM} \text{ lurus} + Q_{SM} \text{ belok kanan}) \times E_{KR_{SM}}$$

$$= (3838 + 703) \times 0,15$$

$$= 681,15 \text{ skr/jam}$$

2) Jumlah kendaraan ringan (Q_{KR})

$$N_{Q_{KR}} = (Q_{KR} \text{ lurus} + Q_{KR} \text{ belok kanan}) \times E_{KR}$$

$$= (169 + 62) \times 1,00$$

$$= 231 \text{ skr/jam}$$

3) Jumlah kendaraan berat (Q_{KB})

$$\begin{aligned} N Q_{KR} &= (Q_{KR} \text{ lurus} + Q_{KR} \text{ belok kanan}) \times EKR_{KB} \\ &= (6 + 0) \times 1,30 \\ &= 7,8 \text{ skr/jam} \end{aligned}$$

2. $G =$ Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

a. Lengan Utara

1) Biaya operasional kendaraan (BOK) sepeda motor.

Diketahui :

$$X = 51,72 \text{ km/jam}$$

$$\begin{aligned} BOK_{\text{sepeda motor}} &= 0,0921X^2 - 8,6847V + 555,51 \\ &= 0,0921(51,72^2) - 8,6847(51,72) + 555,51 \\ &= \text{Rp. } 352,70 \end{aligned}$$

2) Biaya operasional kendaraan (BOK) kendaraan ringan dan kendaraan berat.

Diketahui :

$$V_{\text{kendaraan ringan}} = 49,41 \text{ km/jam}$$

$$V_{\text{kendaraan berat}} = 40,92 \text{ km/jam}$$

$$\begin{aligned} BOK_{\text{kendaraan ringan}} &= 0,4937V^2 - 60,218V + 2991,9 \\ &= 0,4937(49,41^2) - 60,218(49,41) + \\ &\quad 2991,9 \\ &= \text{Rp. } 1.221,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BOK_{\text{kendaraan berat}} &= 0,4937V^2 - 60,218V + 2991,9 \\ &= 0,4937(40,92^2) - 60,218(40,92) + \\ &\quad 2991,9 \\ &= \text{Rp. } 1.354,45 \end{aligned}$$

b. Lengan Timur

1) Biaya operasional kendaraan (BOK) sepeda motor.

Diketahui :

$$X = 45,18 \text{ km/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOK}_{\text{sepeda motor}} &= 0,0921X^2 - 8,6847V + 555,51 \\
 &= 0,0921(45,18^2) - 8,6847(45,18) + 555,51 \\
 &= \text{Rp. } 351,13
 \end{aligned}$$

- 2) Biaya operasional kendaraan (BOK) kendaraan ringan dan kendaraan berat

Diketahui :

$$V_{\text{kendaraan ringan}} = 40,39 \text{ km/jam}$$

$$V_{\text{kendaraan berat}} = 35,43 \text{ km/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOK}_{\text{kendaraan ringan}} &= 0,4937V^2 - 60,218V + 2991,9 \\
 &= 0,4937(40,39^2) - 60,218(40,39) + \\
 &\quad 2991,9 \\
 &= \text{Rp. } 1.365,09
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOK}_{\text{kendaraan berat}} &= 0,4937V^2 - 60,218V + 2991,9 \\
 &= 0,4937(35,43^2) - 60,218(35,43) + \\
 &\quad 2991,9 \\
 &= \text{Rp. } 1.478,11
 \end{aligned}$$

c. Lengan Selatan

- 1) Biaya operasional kendaraan (BOK) sepeda motor

Diketahui :

$$X = 64.50 \text{ km/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOK}_{\text{sepeda motor}} &= 0,0921X^2 - 8,6847V + 555,51 \\
 &= 0,0921(64.50^2) - 8,6847(64.50) + 555,51 \\
 &= \text{Rp. } 378,5
 \end{aligned}$$

- 2) Biaya operasional kendaraan (BOK) kendaraan ringan dan kendaraan berat

Diketahui :

$$V_{\text{kendaraan ringan}} = 58.95 \text{ km/jam}$$

$$V_{\text{kendaraan berat}} = 47.32 \text{ km/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOK}_{\text{kendaraan ringan}} &= 0,4937V^2 - 60,218V + 2991,9 \\
 &= 0,4937(58.95^2) - 60,218(58.95) + \\
 &\quad 2991,9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp. } 1.157,71 \\
 \text{BOK}_{\text{kendaraan berat}} &= 0,4937V^2 - 60,218V + 2991,9 \\
 &= 0,4937(47.32^2) - 60,218(47.32) + \\
 &\quad 2991,9 \\
 &= \text{Rp. } 1.247,87
 \end{aligned}$$

d. Lengan Barat

1) Biaya operasional kendaraan (BOK) sepeda motor

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 X &= 45.49 \text{ km/jam} \\
 \text{BOK}_{\text{sepeda motor}} &= 0,0921X^2 - 8,6847V + 555,51 \\
 &= 0,0921(45.49^2) - 8,6847(45.49) + 555,51 \\
 &= \text{Rp. } 351,03
 \end{aligned}$$

2) Biaya operasional kendaraan (BOK) kendaraan ringan dan kendaraan berat

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{kendaraan ringan}} &= 31.19 \text{ km/jam} \\
 V_{\text{kendaraan berat}} &= 31.60 \text{ km/jam} \\
 \text{BOK}_{\text{kendaraan ringan}} &= 0,4937V^2 - 60,218V + 2991,9 \\
 &= 0,4937(31.19^2) - 60,218(31.19) + \\
 &\quad 2991,9 \\
 &= \text{Rp. } 1.593,98 \\
 \text{BOK}_{\text{kendaraan berat}} &= 0,4937V^2 - 60,218V + 2991,9 \\
 &= 0,4937(31.60^2) - 60,218(31.60) + \\
 &\quad 2991,9 \\
 &= \text{Rp. } 1.582,-
 \end{aligned}$$

3. A = Kendaraan dengan Kecepatan Eksisting (km/jam)

Kecepatan kendaraan eksisting (*spot speed*) adalah kecepatan sesaat pada suatu ruas jalan atau persimpangan. Kecepatan eksisting pada simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Kecepatan eksisting kendaraan pada simpang APILL Demak Ijo.

PERIODE WAKTU	Lengan	Sepeda Motor (MC)	Kendaraan Ringan (KR)	Kendaraan Berat (KB)	Kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)	Cuaca
Pagi (06.00 - 08.00 wib)	Utara	51.72	49.41	40.92	47.35	Cerah
	Timur	45.18	40.39	35.43	40.33	
	Selatan	64.50	58.95	47.32	56.92	
	Barat	45.49	31.19	31.60	36.09	
Siang (12.00 - 14.00 wib)	Utara	44.34	50.50	37.53	44.13	Cerah
	Timur	45.79	37.69	32.72	38.74	
	Selatan	47.60	49.76	44.31	47.22	
	Barat	41.42	31.23	27.21	33.29	
Sore (16.00 - 18.00 wib)	Utara	48.23	54.10	47.10	49.81	Cerah
	Timur	44.18	35.12	36.34	38.55	
	Selatan	46.77	56.55	45.48	49.60	
	Barat	44.95	25.78	30.24	33.66	

Kecepatan eksisting pada penelitian ini menggunakan periode waktu pagi 06.00 s.d 08.00 wib, karena mewakili jam puncak dari volume kendaraan pada simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta.

4. B = Kendaraan dengan Kecepatan Ideal (km/jam)

Berdasarkan Pasal 21 ayat 4 Undang-Undang No.22 Tahun 2009, batas kecepatan paling rendah pada jalan bebas hambatan ditetapkan dengan batas absolut 60 km/jam. Sedangkan di jalan raya perkotaan kecepatan ideal kendaraan adalah 40 - 60 km/jam.

5. V^p = Nilai Waktu Perjalanan (Rp/jam)

Nilai waktu pada setiap jenis kendaraan berdasarkan hasil studi *Indonesian Highway Capacity Manual* (IHCM) dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Nilai waktu perjalanan per jenis kendaraan

Jenis Kendaraan	Nilai waktu per kendaraan/jam (Rp)	
	PDB	<i>Welfare maximation</i>
Sepeda Motor	Rp. 315,00	Rp. 736,00
Mobil	Rp. 1.925,00	Rp. 3.281,00
Bus Kecil	Rp. 7.385,00	Rp. 12.572,00
Bus Besar	Rp. 9.800,00	Rp. 18.211,00
Truk Kecil	Rp. 4.970,00	Rp. 5.605,00
Truk Sedang	Rp. 4.970,00	Rp. 5.605,00
Truk Besar	Rp. 4.970,00	Rp. 736,00

(Sumber : IHCM, 1995)

6. T = Jumlah Waktu Antrian (detik/skr)

Waktu antrian merupakan suatu proses tundaan yang terjadi pada simpang ataupun ruas jalan karena volume kendaraan yang melebihi kapasitas jalan dan terdapatnya hambatan-hambatan samping pada simpang atau ruas jalan tersebut. Dalam penelitian ini, waktu antrian didapatkan dari hasil analisis *software vissim*. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan menggunakan *software vissim 9* maka didapatkan nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta sebagai berikut :

a. Lengan Utara

Tabel 5.9 Nilai waktu antrian pada lengan utara simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Utara	Kiri	Jl. Ring Road Barat (U) - Jl. Godean (T)	8.36
	Lurus	Jl. Ring Road Barat (U) - Jl. Ring Road Barat (S)	123.42
	Kanan	Jl. Ring Road Barat (U) - Jl. Godean Barat (B)	60.685
Rata-rata			64.16

Dari hasil analisis *software vissim* pada lengan utara, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 64,16 \text{ detik}$$

$$= 0,01782 \text{ jam}$$

b. Lengan Timur

Tabel 5.10 Nilai waktu antrian pada lengan timur simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Timur	Kiri	Jl. Godean (T) - Jl. Ring Road Barat (S)	3.055
	Lurus	Jl. Godean (T) - Jl. Godean Barat (B)	110.25
	Kanan	Jl. Godean (T) - Jl. Ring Road Barat (U)	58.975
Rata-rata			57.43

Dari hasil analisis *software vissim* pada lengan timur, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 57,43 \text{ detik}$$

$$= 0,01595 \text{ jam}$$

c. Lengan Selatan

Tabel 5.11 Nilai waktu antrian pada lengan selatan simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Selatan	Kiri	Jl. Ring Road Barat (S) - Jl. Godean Barat (B)	37.31
	Lurus	Jl. Ring Road Barat (S) - Jl. Ring Road Barat (U)	135.615
	Kanan	Jl. Ring Road Barat (S) - Jl. Godean (T)	48.425
Rata-rata			73.78

Dari hasil analisis *software vissim* pada lengan selatan, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 73,78 \text{ detik}$$

$$= 0,02049 \text{ jam}$$

d. Lengan Barat

Tabel 5.12 Nilai waktu antrian pada lengan barat simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Barat	Kiri	Jl. Godean (B) - Jl. Ring Road Barat (U)	1.195
	Lurus	Jl. Godean (B) - Jl. Godean (T)	232.63
	Kanan	Jl. Godean (B) - Jl. Ring Road Barat (S)	79.07
Rata-rata			104.30

Dari hasil analisis *software vissim* pada lengan utara, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 104,30 \text{ detik/skr}$$

$$= 0,02897 \text{ jam/skr}$$

Analisis biaya kemacetan pada simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dihitung berdasarkan ruas pada lengan simpang, adalah sebagai berikut :

1. Lengan Utara

Biaya kemacetan yang terjadi pada lengan utara simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta adalah sebagai berikut :

- a. Biaya kemacetan yang diakibatkan oleh sepeda motor

$$C = 238,05 \times \left[352,70 \times 51,72 + \left(1 - \frac{51,72}{60} \right) 315 \right] 0.0178$$

$$C = \text{Rp. } 77.561, - /\text{jam}$$

- b. Biaya kemacetan yang diakibatkan oleh kendaraan ringan

$$C = 450 \times \left[1.221,82 \times 49,41 + \left(1 - \frac{49,41}{60} \right) 1.925 \right] 0.0178$$

$$C = \text{Rp. } 486.521, - /\text{jam}$$

- c. Biaya kemacetan yang diakibatkan oleh sepeda motor

$$C = 40,3 \times \left[1.354,45 \times 40,92 + \left(1 - \frac{40,92}{60} \right) 4.970 \right] 0.00178$$

$$C = \text{Rp. } 40.924, - /\text{jam}$$

Total biaya kemacetan yang terjadi pada lengan utara simpang APILL Demak Ijo adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{\text{total}} &= C_{\text{sepeda motor}} + C_{\text{kendaraan ringan}} + C_{\text{kendaraan berat}} \\ &= \text{Rp.77.561,- /jam} + \text{Rp.486.521,- /jam} + \text{Rp.40.924,- /jam} \\ &= \text{Rp. 605.006,- /jam} \end{aligned}$$

2. Lengan Timur

Biaya kemacetan yang terjadi pada lengan timur simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta adalah sebagai berikut :

- a. Biaya kemacetan yang diakibatkan oleh sepeda motor

$$\begin{aligned} C &= 184,65 \times \left[351,13 \times 45,18 + \left(1 - \frac{45,18}{60} \right) 351 \right] 0.01595 \\ C &= \text{Rp. 46.934,- /jam} \end{aligned}$$

- b. Biaya kemacetan yang diakibatkan oleh kendaraan ringan

$$\begin{aligned} C &= 141 \times \left[1.365,09 \times 40,39 + \left(1 - \frac{40,39}{60} \right) 1.925 \right] 0.01595 \\ C &= \text{Rp. 125.409,- /jam} \end{aligned}$$

- c. Biaya kemacetan yang diakibatkan oleh sepeda motor

$$\begin{aligned} C &= 10,4 \times \left[1.478,11 \times 35,43 + \left(1 - \frac{35,43}{60} \right) 4.970 \right] 0.01595 \\ C &= \text{Rp. 9.024,- /jam} \end{aligned}$$

Total biaya kemacetan yang terjadi pada lengan timur simpang APILL Demak Ijo adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{\text{total}} &= C_{\text{sepeda motor}} + C_{\text{kendaraan ringan}} + C_{\text{kendaraan berat}} \\ &= \text{Rp.46.934,- /jam} + \text{Rp.125.405,- /jam} + \text{Rp.9.024,- /jam} \\ &= \text{Rp. 181.363,- /jam} \end{aligned}$$

3. Lengan Selatan

Biaya kemacetan yang terjadi pada lengan selatan simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta adalah sebagai berikut :

- a. Biaya kemacetan yang diakibatkan oleh sepeda motor

$$C = 532,8 \times \left[378,5 \times 64,5 + \left(1 - \frac{64,5}{60} \right) 351 \right] 0,02049$$

$$C = \text{Rp. } 265.911, - /\text{jam}$$

- b. Biaya kemacetan yang diakibatkan oleh kendaraan ringan

$$C = 756 \times \left[1.157,71 \times 58,95 + \left(1 - \frac{58,95}{60} \right) 1.925 \right] 0,02049$$

$$C = \text{Rp. } 1.057.963, - /\text{jam}$$

- c. Biaya kemacetan yang diakibatkan oleh sepeda motor

$$C = 42,9 \times \left[1.247,87 \times 47,32 + \left(1 - \frac{47,32}{60} \right) 4.970 \right] 0,02049$$

$$C = \text{Rp. } 52.793, - /\text{jam}$$

Total biaya kemacetan yang terjadi pada lengan selatan simpang APILL Demak Ijo adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{\text{total}} &= C_{\text{sepeda motor}} + C_{\text{kendaraan ringan}} + C_{\text{kendaraan berat}} \\ &= \text{Rp. } 265.911, - /\text{jam} + \text{Rp. } 1.057.963, - /\text{jam} + \text{Rp. } 52.793, - /\text{jam} \\ &= \text{Rp. } 1.376.667, - /\text{jam} \end{aligned}$$

4. Lengan Barat

Biaya kemacetan yang terjadi pada lengan barat simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta adalah sebagai berikut :

- a. Biaya kemacetan yang diakibatkan oleh sepeda motor

$$C = 681,15 \times \left[351,03 \times 45,49 + \left(1 - \frac{45,49}{60} \right) 351 \right] 0,02897$$

$$C = \text{Rp. } 316.578, - /\text{jam}$$

- b. Biaya kemacetan yang diakibatkan oleh kendaraan ringan

$$C = 231 \times \left[1.593,98 \times 31,19 + \left(1 - \frac{31,19}{60} \right) 1.925 \right] 0,02897$$

$$C = \text{Rp. } 338.894, - /\text{jam}$$

- c. Biaya kemacetan yang diakibatkan oleh sepeda motor

$$C = 7,8 \times \left[1.582 \times 31,60 + \left(1 - \frac{31,60}{60} \right) 4.970 \right] 0,02897$$

$$C = \text{Rp. } 11.828, - /\text{jam}$$

Total biaya kemacetan yang terjadi pada lengan barat simpang APILL Demak Ijo adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{\text{total}} &= C_{\text{sepeda motor}} + C_{\text{kendaraan ringan}} + C_{\text{kendaraan berat}} \\ &= \text{Rp.}316.578,- /\text{jam} + \text{Rp.}338.894,- /\text{jam} + \text{Rp.}11.828,- /\text{jam} \\ &= \text{Rp.} 667.301,- /\text{jam} \end{aligned}$$

Hasil analisis dari analisis biaya kemacetan pada kondisi eksisting simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{\text{simpang APILL Demak Ijo}} &= C_{\text{total utara}} + C_{\text{total timur}} + C_{\text{total selatan}} + C_{\text{total barat}} \\ &= \text{Rp.} 605.006,- /\text{jam} + \text{Rp.} 181.363,- /\text{jam} \\ &\quad + \text{Rp.} 1.376.667,- /\text{jam} + \text{Rp.} 667.301,- /\text{jam} \\ &= \text{Rp.} 2.830.336,- /\text{jam} \end{aligned}$$

Besarnya biaya kemacetan yang terjadi diakibatkan oleh volume lalu lintas pada saat jam puncak (06.15 s.d 07.15 WIB) simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta. Rincian hasil analisis dari biaya kemacetan dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Rincian analisis biaya kemacetan pada kondisi eksisting simpang APILL Dmak Ijo

Lengan	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	BOK	Kecepatan Eksisting	Kecepatan Ideal	Nilai Waktu Perjalanan	Jumlah Waktu Antrian	Biaya Kemacetan (Jam Puncak)
Utara	KB	40.3	Rp 1.354	40.92	60	Rp 4.970	0.01782	Rp 40.924
	KR	450	Rp 1.221	49.41	60	Rp 1.925		Rp 486.521
	SM	238.05	Rp 353	51.72	60	Rp 315		Rp 77.561
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Utara							
Timur	KB	10.4	Rp 1.478	35.43	60	Rp 4.970	0.01595	Rp 9.024
	KR	141	Rp 1.365	40.39	60	Rp 1.925		Rp 125.405
	SM	184.65	Rp 351	45.18	60	Rp 315		Rp 46.934
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Timur							
Selatan	KB	42.9	Rp 1.247	47.32	60	Rp 4.970	0.02049	Rp 52.793
	KR	756	Rp 1.158	58.95	60	Rp 1.925		Rp 1.057.963
	SM	532.8	Rp 378	64.50	60	Rp 315		Rp 265.911
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Selatan							
Barat	KB	7.8	Rp 1.582	31.60	60	Rp 4.970	0.02897	Rp 11.828
	KR	231	Rp 1.594	31.19	60	Rp 1.925		Rp 338.894
	SM	681.15	Rp 351	45.49	60	Rp 315		Rp 316.578
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Barat							
Total Biaya Kemacetan Pada Simpang Apill Demak Ijo								Rp 2.830.336

G. Pembahasan

Dari hasil analisis *software vissim 9* pada kondisi eksisting menunjukkan kinerja simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta yang telah melebihi dari kapasitas jalan, dikarenakan penambahan volume kendaraan pada wilayah tersebut tidak menyesuaikan dengan kapasitas jalan yang disediakan. Sehingga terjadi kemacetan pada simpang khususnya pada jam puncak (*peak hour*) yaitu pada pagi dan sore hari, yang akan merugikan pengguna jalan baik dari segi waktu dan biaya.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada kondisi eksisting menggunakan *software vissim 9* tingkat pelayanan pada simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta adalah F. Untuk meningkatkan tingkat pelayanan tersebut maka perlu dilakukan beberapa alternatif untuk memperbaiki kinerja simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta. Alternatif tersebut adalah sebagai berikut :

1. Alternatif I (Perancangan Ulang Waktu Hijau)

Perancangan ulang waktu hijau digunakan untuk memperbaiki tingkat pelayanan pada simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta. Penentuan waktu hijau dihitung berdasarkan jumlah fase, volume jam puncak, dan waktu kuning. Perhitungan waktu siklus pada masing-masing adalah sebagai berikut :

a. Analisis waktu hijau

1) Mencari nilai Y_{max} (IFR)

(a) Lengan Utara

Diketahui :

$$\text{Volume (Q)} = 876 \text{ skr/jam}$$

$$\text{Kapasitas (C)} = 8642,4 \text{ skr/jam}$$

$$Y = \frac{876}{8642,4} = 0,101$$

(b) Lengan Timur

Diketahui :

$$\text{Volume (Q)} = 465 \text{ skr/jam}$$

$$\text{Kapasitas (C)} = 3939,8 \text{ skr/jam}$$

$$Y = \frac{465}{3939,8} = 0,118$$

(c) Lengan Selatan

Diketahui :

$$\text{Volume (Q)} = 1393 \text{ skr/jam}$$

$$\text{Kapasitas (C)} = 4771,8 \text{ skr/jam}$$

$$Y = \frac{1393}{4771,8} = 0,292$$

(d) Lengan Barat

Diketahui :

$$\text{Volume (Q)} = 1229 \text{ skr/jam}$$

$$\text{Kapasitas (C)} = 3826 \text{ skr/jam}$$

$$Y = \frac{1229}{3826} = 0,321$$

$$\begin{aligned} Y_{\max} (\text{IFR}) &= Y_{\text{Utara}} + Y_{\text{Timur}} + Y_{\text{Selatan}} + Y_{\text{Barat}} \\ &= 0,101 + 0,118 + 0,292 + 0,321 \\ &= 0,832 \end{aligned}$$

2) Mencari waktu hilang total (H_H)

Diketahui :

$$\text{Jumlah fase (n)} = 4$$

$$\text{Waktu kuning (K)} = 3 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu allred (M}_{\text{semua}}) = 16 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu hilang total (H}_H) &= (n \times i) + R \\ &= (4 \times 3) + 16 = 28 \text{ detik} \end{aligned}$$

3) Menghitung waktu siklus (c)

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus (c)} &= \frac{1,5 \times L + 5}{1 - \text{IFR}} \\ &= \frac{1,5 \times 28 + 5}{1 - 0,832} \\ &= 279,76 \approx 180 \text{ detik} \end{aligned}$$

*Batasan waktu siklus minimal 80 detik dan maksimal 130 detik untuk pengaturan empat-fase.

*Waktu siklus yang melebihi 130 detik harus dihindari kecuali pada kasus khusus (persimpangan besar).

4) Perhitungan waktu hijau

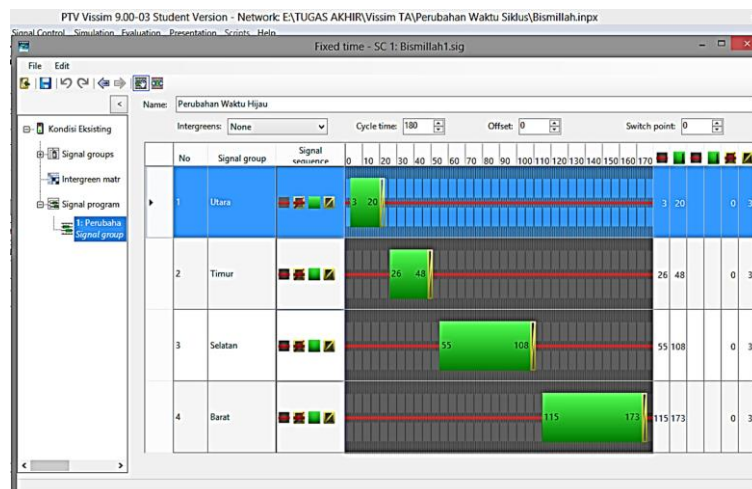
$$\begin{aligned} \text{(a) Lengan Utara} &= \frac{Y_{Utara}}{IFR} x(c - H_H) \\ &= \frac{0,101}{0,832} x(180 - 28) \\ &= 18,45 \approx 19 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(b) Lengan Timur} &= \frac{Y_{Timur}}{IFR} x(c - H_H) \\ &= \frac{0,118}{0,832} x(180 - 28) \\ &= 21,56 \approx 22 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(c) Lengan Selatan} &= \frac{Y_{Selatan}}{IFR} x(c - H_H) \\ &= \frac{0,292}{0,832} x(180 - 28) \\ &= 53,35 \approx 53 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(d) Lengan Barat} &= \frac{Y_{Barat}}{IFR} x(c - H_H) \\ &= \frac{0,321}{0,832} x(180 - 28) \\ &= 58,64 \approx 58 \text{ detik} \end{aligned}$$

Perubahan waktu hijau pada alternatif I untuk perbaikan kinerja simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dapat dilihat pada Gambar 5.21.



Gambar 5.21 Perubahan waktu hijau pada simpang APILL Demak Ijo.

b. Analisis kinerja simpang APILL (alternatif I)

Analisis kinerja simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta pada alternatif I kondisi perancangann waktu hijau menggunakan *sofrware vissim* untuk mengetahui hasil dari analisis pemodelan adalah sebagai berikut :

1) Panjang Antrian Rata-rata dan Maksimum

Nilai panjang antrian adalah 51,8 meter dan nilai panjang antrian maksimum adalah 214,42 meter.

2) Jumlah Kendaraan yang lewat saat *Running Program Vissim*

Jumlah Kendaraan yang lewat saat *Running Program Vissim* adalah 1073 kendaraan.

3) Tingkat Pelayanan (*Level Of Service*)

Nilai tingkat pelayanan simpang APILL adalah F.

4) Tundaan

Nilai tundaan adalah 82 det/skr.

Hasil analisis *software vissim 9* pada kondisi perancangan waktu hijau simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Hasil analisis alternatif I perubahan waktu hijau pada simpang APILL Demak Ijo

TIMEINT	Lengan	Arah	QLen (m)	Qlen Max (m)	Vehs (All) (kend.)	Pers (All) (orang)	LOS (All)	LOSVal (All)	VehDel ay (All) (detik)	PersDel ay (All) (detik)	Stop Delay (All) (detik)	Stops (All) (kend.)
0-3600	Utara	(U) - (T)	0.54	11.61	99	99	LOS_A	1	7.54	7.54	1.2	0.75
0-3600		(U) - (S)	83.06	190.50	153	153	LOS_E	5.5	91.34	91.34	79.19	1.80
0-3600		(U) - (B)	19.68	67.84	73	73	LOS_D	4.5	55.37	55.37	46.04	0.95
0-3600	Timur	(T) - (S)	0.525	9.565	67	67	LOS_A	1	3.66	3.665	2.505	0.17
0-3600		(T) - (B)	95.07	215	86	86	LOS_F	6	121.34	121.34	105.38	2.07
0-3600		(T) - (U)	24.61	58.315	62	62	LOS_D	4.5	60.01	60.015	53.88	0.94
0-3600	Selatan	(S) - (B)	1.08	22.46	35	35	LOS_B	3.5	36.21	36.215	23.28	1.58
0-3600		(S) - (U)	123.89	247.12	166	166	LOS_F	6	122.73	122.73	96.95	3.28
0-3600		(S) - (T)	13.77	45.82	79	79	LOS_E	5	72.87	72.87	53.27	2.22
0-3600	Barat	(B) - (U)	0.9	15.04	144	144	LOS_A	1	3.86	3.86	2.42	0.21
0-3600		(B) - (T)	168.53	215	111	111	LOS_F	6	177.67	177.67	151.87	3.9
0-3600		(B) - (S)	40.4	115.23	78	78	LOS_E	4.5	57.38	57.38	51.12	0.83
0-3600	Rata-rata		47.67	247.12	1153	1153	LOS_E	5	68	68	55.59	1.56

c. Analisis biaya kemacetan (alternatif I)

Pada analisis biaya kemacetan ini, menggunakan kecepatan eksisting dan volume kendaraan yang dianggap sama dengan kondisi eksisting simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta, yang membedakan adalah nilai waktu tundaan yang terjadi pada hasil analisis *software vissim* pada alternatif I. Biaya kemacetan pada alternatif I dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

1) N = Jumlah Kendaraan (skr/jam)

(a) Lengan utara

- | | |
|----------------------|------------------|
| (1) Kendaraan berat | = 40,3 skr/jam |
| (2) Kendaraan ringan | = 450 skr/jam |
| (3) Sepeda motor | = 238,05 skr/jam |

(b) Lengan timur

- | | |
|----------------------|------------------|
| (1) Kendaraan berat | = 10,4 skr/jam |
| (2) Kendaraan ringan | = 141 skr/jam |
| (3) Sepeda motor | = 184,65 skr/jam |

(c) Lengan selatan

- | | |
|----------------------|-----------------|
| (1) Kendaraan berat | = 42,9 skr/jam |
| (2) Kendaraan ringan | = 756 skr/jam |
| (3) Sepeda motor | = 532,8 skr/jam |

(d) Lengan barat

- | | |
|----------------------|------------------|
| (1) Kendaraan berat | = 7,8 skr/jam |
| (2) Kendaraan ringan | = 231 skr/jam |
| (3) Sepeda motor | = 681,15 skr/jam |

2) G = Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

(a) Lengan utara

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| (1) BOK Kendaraan berat | = Rp. 1.354,-/jam |
| (2) BOK Kendaraan ringan | = Rp. 1.221,-/jam |
| (3) BOK Sepeda motor | = Rp. 353,-/jam |

(b) Lengan timur

(1) BOK Kendaraan berat = Rp. 1.478,-/jam

(2) BOK Kendaraan ringan = Rp. 1.365,-/jam

(3) BOK Sepeda motor = Rp. 351,-/jam

(c) Lengan selatan

(1) BOK Kendaraan berat = Rp. 1.247,-/jam

(2) BOK Kendaraan ringan = Rp. 1.158,-/jam

(3) BOK Sepeda motor = Rp. 378,-/jam

(d) Lengan barat

(1) BOK Kendaraan berat = Rp. 1.582,-/jam

(2) BOK Kendaraan ringan = Rp. 1.594,-/jam

(3) BOK Sepeda motor = Rp. 351,-/jam

3) A = Kendaraan dengan Kecepatan Eksisting (km/jam)

Untuk kecepatan eksisting pada simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.7.

4) B = Kendaraan dengan Kecepatan Ideal (km/jam)

Berdasarkan Pasal 21 ayat 4 Undang-Undang No.22 Tahun 2009, batas kecepatan paling rendah pada jalan bebas hambatan ditetapkan dengan batas absolut 60 km/jam.

5) V' = Nilai Waktu Perjalanan (Rp/jam)

Nilai waktu pada setiap jenis kendaraan berdasarkan hasil studi *Indonesian Highway Capacity Manual* (IHCM) dapat dilihat pada Tabel 5.8

6) T = Jumlah Waktu Antrian (detik/skr)

(a) Lengan utara

Nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo khususnya pada alternatif I lengan utara dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5. 15 Nilai waktu antrian pada alternatif I lengan utara simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Utara	Kiri	Jl. Ring Road Barat (U) - Jl. Godean (T)	14.1
	Lurus	Jl. Ring Road Barat (U) - Jl. Ring Road Barat (S)	211.89
	Kanan	Jl. Ring Road Barat (U) - Jl. Godean Barat (B)	142.955
Rata-rata			122.98

Dari hasil analisis *software vissim* pada alternatif I lengan utara, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 122,98 \text{ detik/skr}$$

$$= 0.03416 \text{ jam/skr}$$

(b) Lengan timur

Nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo khususnya pada alternatif I lengan timur dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Nilai waktu antrian pada alternatif I lengan timur simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Timur	Kiri	Jl. Godean (T) - Jl. Ring Road Barat (S)	1.79
	Lurus	Jl. Godean (T) - Jl. Godean Barat (B)	168.17
	Kanan	Jl. Godean (T) - Jl. Ring Road Barat (U)	111.13
Rata-rata			93.70

Dari hasil analisis *software vissim* pada alternatif I lengan timur, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 93,70 \text{ detik/skr}$$

$$= 0.02603 \text{ jam/skr}$$

(c) Lengan selatan

Nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo khususnya pada alternatif I lengan selatan dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Nilai waktu antrian pada alternatif I lengan selatan simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Selatan	Kiri	Jl. Ring Road Barat (S) - Jl. Godean Barat (B)	25.165
	Lurus	Jl. Ring Road Barat (S) - Jl. Ring Road Barat (U)	87.565
	Kanan	Jl. Ring Road Barat (S) - Jl. Godean (T)	51.38
Rata-rata			54.70

Dari hasil analisis *software vissim* pada alternatif I lengan selatan, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 54,70 \text{ detik/skr}$$

$$= 0.01519 \text{ jam/skr}$$

(d) Lengan barat

Nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo khususnya pada alternatif I lengan barat dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Nilai waktu antrian pada alternatif I lengan selatan simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Barat	Kiri	Jl. Godean (B) - Jl. Ring Road Barat (U)	5.55
	Lurus	Jl. Godean (B) - Jl. Godean (T)	115.35
	Kanan	Jl. Godean (B) - Jl. Ring Road Barat (S)	53.67
Rata-rata			58.19

Dari hasil analisis *software vissim* pada alternatif I lengan selatan, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 T &= 58,19 \text{ detik/skr} \\
 &= 0.01616 \text{ jam/skr}
 \end{aligned}$$

7) Biaya kemacetan

Rincian analisis biaya kemacetan pada alternatif I simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta, dapat dilihat pada Tabel 5.19. Berdasarkan analisis perhitungan biaya kemacetan pada alternatif I yaitu dengan melakukan perubahan waktu hijau pada setiap lengan, maka didapatkan biaya kemacetan yang terjadi adalah sebagai berikut :

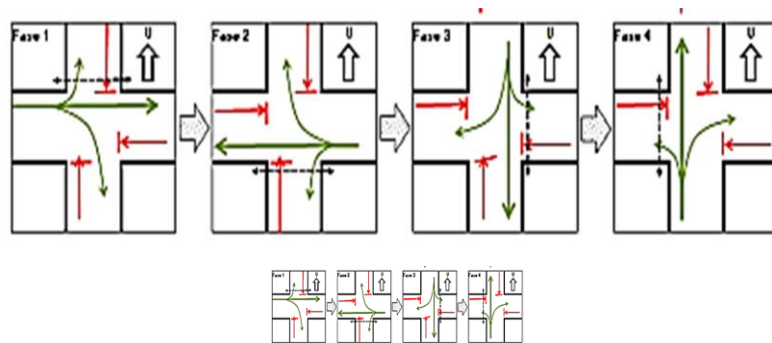
$$\begin{aligned}
 C_{\text{alternatif I}} &= C_{\text{total utara}} + C_{\text{total timur}} + C_{\text{total selatan}} + C_{\text{total barat}} \\
 &= \text{Rp. } 1.159.765,- \text{ /jam} + \text{Rp. } 295.980,- \text{ /jam} \\
 &\quad + \text{Rp. } 1.020.574,- \text{ /jam} + \text{Rp. } 372.233,- \text{ /jam} \\
 &= \text{Rp. } 2.848.552,- \text{ /jam}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.19 Rincian analisis biaya kemacetan pada alternatif I perubahan waktu hijau pada simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	BOK	Kecepatan Eksisting	Kecepatan Ideal	Nilai Waktu Perjalanan	Jumlah Waktu Antrian	Biaya Kemacetan (Jam Puncak)
Utara	KB	40.3	Rp 1.354	40.92	60	Rp 4.970	0.03416	Rp 78.450
	KR	450	Rp 1.221	49.41	60	Rp 1.925		Rp 932.636
	SM	238.05	Rp 353	51.72	60	Rp 315		Rp 148.680
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Utara							Rp 1.159.765
Timur	KB	10.4	Rp 1.478	35.43	60	Rp 4.970	0.02603	Rp 14.727
	KR	141	Rp 1.365	40.39	60	Rp 1.925		Rp 204.658
	SM	184.65	Rp 351	45.18	60	Rp 315		Rp 76.595
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Timur							Rp 295.980
Selatan	KB	42.9	Rp 1.247	47.32	60	Rp 4.970	0.01519	Rp 39.137
	KR	756	Rp 1.158	58.95	60	Rp 1.925		Rp 784.307
	SM	532.8	Rp 378	64.50	60	Rp 315		Rp 197.130
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Selatan							Rp 1.020.574
Barat	KB	7.8	Rp 1.582	31.60	60	Rp 4.970	0.01616	Rp 6.598
	KR	231	Rp 1.594	31.19	60	Rp 1.925		Rp 189.042
	SM	681.15	Rp 351	45.49	60	Rp 315		Rp 176.593
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Barat							Rp 372.233
Total Biaya Kemacetan Pada Simpang Apill Demak Ijo								Rp 2.848.552

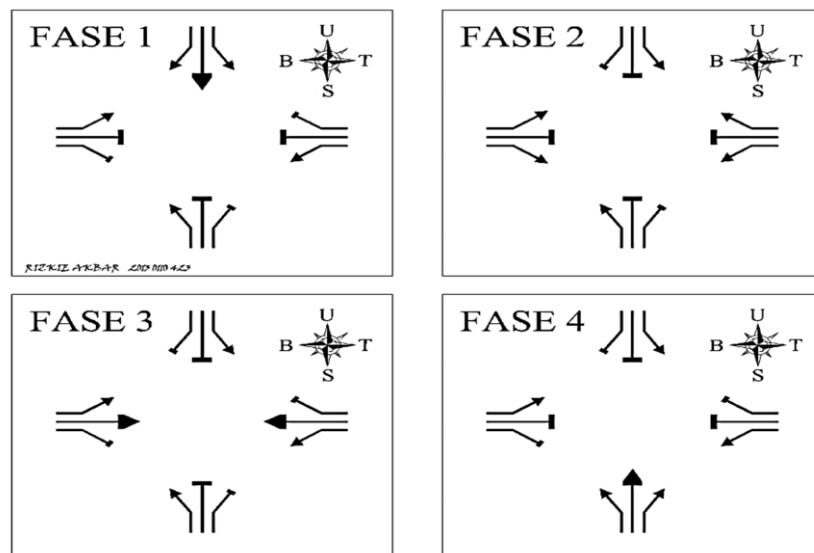
2. Alternatif II (Perubahan Fase)

Fase adalah suatu rangkaian dari beberapa arus, yang mendapatkan identifikasi lampu lalu lintas, perubahan fase ini diharapkan menjadi alternatif yang baik untuk meningkatkan kinerja simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta. Suatu perempatan dengan empat fase pada umumnya dapat dilihat pada Gambar 5.22.



Gambar 5.22 Simpang dengan 4 fase.
(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014)

Fase pada kondisi eksisting simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dapat dilihat pada Gambar 5.3 pada sub bab Kondisi *Traffic Light* dan Fase. Fase yang diperbarui dapat dilihat pada Gambar 5.23.



Gambar 5.23 Kondisi fase alternatif II pada simpang APILL Demak Ijo.

a. Analisis kinerja simpang APILL (alternatif II)

Analisis kinerja simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta pada alternatif II kondisi perbaikan waktu hijau menggunakan *software vissim* untuk mengetahui hasil dari analisis pemodelan adalah sebagai berikut :

1) Panjang Antrian Rata-rata dan Maksimum

Nilai panjang antrian adalah 47,67 meter dan nilai panjang antrian maksimum adalah 247,12 meter.

2) Jumlah Kendaraan yang lewat saat *Running Program Vissim*

Jumlah Kendaraan yang lewat saat *Running Program Vissim* adalah 1153 kendaraan.

3) Tingkat Pelayanan (*Level Of Service*)

Nilai tingkat pelayanan simpang APILL adalah E.

4) Tundaan

Nilai tundaan adalah 68 det/skr.

Hasil analisis *software vissim* 9 pada kondisi perbaikan waktu hijau simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Hasil analisis alternatif II perubahan fase pada simpang APILL Demak Ijo

TIMEINT	Lengan	Arah		QLen	Qlen	Vehs	Pers.	LOS	LOS	Veh	Pers	StopDel	Stops
				(meter)	Max	(All)	(All)		Val	Delay	Delay		
				(meter)	(meter)	(kend.)	(orang)	(All)	(All)	(detik)	(detik)	(detik)	(kenda raan)
0-3600	Utara	Kiri	(U) - (T)	0.54	11.61	99	99	LOS_A	1	7.54	7.54	1.2	0.75
0-3600		Lurus	(U) - (S)	83.06	190.505	153	153	LOS_E	5.5	91.34	91.34	79.195	1.805
0-3600		Kanan	(U) - (B)	19.68	67.84	73	73	LOS_D	4.5	55.37	55.37	46.045	0.95
0-3600	Timur	Kiri	(T) - (S)	0.525	9.565	67	67	LOS_A	1	3.665	3.665	2.505	0.175
0-3600		Lurus	(T) - (B)	95.07	215	86	86	LOS_F	6	121.34	121.34	105.38	2.07
0-3600		Kanan	(T) - (U)	24.61	58.315	62	62	LOS_D	4.5	60.015	60.015	53.885	0.94
0-3600	Selatan	Kiri	(S) - (B)	1.08	22.46	35	35	LOS_B	3.5	36.215	36.215	23.28	1.585
0-3600		Lurus	(S) - (U)	123.89	247.12	166	166	LOS_F	6	122.73	122.73	96.95	3.285
0-3600		Kanan	(S) - (T)	13.77	45.82	79	79	LOS_E	5	72.87	72.87	53.275	2.225
0-3600	Barat	Kiri	(B) - (U)	0.90	15.04	144	144	LOS_A	1	3.86	3.86	2.42	0.215
0-3600		Lurus	(B) - (T)	168.53	215	111	111	LOS_F	6	177.67	177.67	151.87	3.9
0-3600		Kanan	(B) - (S)	40.4	115.23	78	78	LOS_E	4.5	57.38	57.38	51.12	0.835
0-3600	Rata-rata			47.67	247.12	1153	1153	LOS_E	5	68	68	55.59	1.56

b. Analisis biaya kemacetan (alternatif II)

Pada analisis biaya kemacetan ini, menggunakan kecepatan eksisting dan volume kendaraan yang dianggap sama dengan kondisi eksisting simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta, yang membedakan adalah nilai waktu tundaan yang terjadi pada hasil analisis *software vissim* pada alternatif II. Biaya kemacetan pada alternatif II dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

1) N = Jumlah Kendaraan (skr/jam)

(a) Lengan utara

- (1) Kendaraan berat = 40,3 skr/jam
- (2) Kendaraan ringan = 450 skr/jam
- (3) Sepeda motor = 238,05 skr/jam

(b) Lengan timur

- (1) Kendaraan berat = 10,4 skr/jam
- (2) Kendaraan ringan = 141 skr/jam
- (3) Sepeda motor = 184,65 skr/jam

(c) Lengan selatan

- (4) Kendaraan berat = 42,9 skr/jam
- (5) Kendaraan ringan = 756 skr/jam
- (6) Sepeda motor = 532,8 skr/jam

(d) Lengan barat

- (7) Kendaraan berat = 7,8 skr/jam
- (8) Kendaraan ringan = 231 skr/jam
- (9) Sepeda motor = 681,15 skr/jam

2) G = Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

(a) Lengan utara

- (1) BOK Kendaraan berat = Rp. 1.354,-/jam
- (2) BOK Kendaraan ringan = Rp. 1.221,-/jam
- (3) BOK Sepeda motor = Rp. 353,-/jam

(b) Lengan timur

(1) BOK Kendaraan berat = Rp. 1.478,-/jam

(2) BOK Kendaraan ringan = Rp. 1.365,-/jam

(3) BOK Sepeda motor = Rp. 351,-/jam

(c) Lengan selatan

(1) BOK Kendaraan berat = Rp. 1.247,-/jam

(2) BOK Kendaraan ringan = Rp. 1.158,-/jam

(3) BOK Sepeda motor = Rp. 378,-/jam

(d) Lengan barat

(1) BOK Kendaraan berat = Rp. 1.582,-/jam

(2) BOK Kendaraan ringan = Rp. 1.594,-/jam

(3) BOK Sepeda motor = Rp. 351,-/jam

3) A = Kendaraan dengan Kecepatan Eksisting (km/jam)

Untuk kecepatan eksisting pada simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.7.

4) B = Kendaraan dengan Kecepatan Ideal (km/jam)

Berdasarkan Pasal 21 ayat 4 Undang-Undang No.22 Tahun 2009, batas kecepatan paling rendah pada jalan bebas hambatan ditetapkan dengan batas absolut 60 km/jam.

5) V' = Nilai Waktu Perjalanan (Rp/jam)

Nilai waktu pada setiap jenis kendaraan berdasarkan hasil studi *Indonesian Highway Capacity Manual* (IHCM) dapat dilihat pada Tabel 5.8

6) T = Jumlah Waktu Antrian (detik/skr)

(a) Lengan utara

Nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo khususnya pada alternatif II lengan utara dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Nilai waktu antrian pada alternatif II lengan utara simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		Veh. Delay (All) (detik)
Utara	Kiri	Jl. Ring Road Barat (U) - Jl. Godean (T)	7.54
	Lurus	Jl. Ring Road Barat (U) - Jl. Ring Road Barat (S)	91.34
	Kanan	Jl. Ring Road Barat (U) - Jl. Godean Barat (B)	55.37
Rata-rata			51.42

Dari hasil analisis *software vissim* pada alternatif II lengan utara, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 51,42 \text{ detik/skr}$$

$$= 0.01428 \text{ jam/skr}$$

(b) Lengan timur

Nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo khususnya pada alternatif II lengan timur dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Nilai waktu antrian pada alternatif II lengan timur simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Timur	Kiri	Jl. Godean (T) - Jl. Ring Road Barat (S)	3.665
	Lurus	Jl. Godean (T) - Jl. Godean Barat (B)	121.34
	Kanan	Jl. Godean (T) - Jl. Ring Road Barat (U)	60.015
Rata-rata			61.67

Dari hasil analisis *software vissim* pada alternatif II lengan timur, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 61,67 \text{ detik/skr}$$

$$= 0.01713 \text{ jam/skr}$$

(c) Lengan selatan

Nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo khususnya pada alternatif II lengan selatan dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Nilai waktu antrian pada alternatif II lengan selatan simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Selatan	Kiri	Jl. Ring Road Barat (S) - Jl. Godean Barat (B)	36.215
	Lurus	Jl. Ring Road Barat (S) - Jl. Ring Road Barat (U)	122.73
	Kanan	Jl. Ring Road Barat (S) - Jl. Godean (T)	72.87
Rata-rata			77.27

Dari hasil analisis *software vissim* pada alternatif II lengan selatan, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 77,27 \text{ detik/skr}$$

$$= 0.02146 \text{ jam/skr}$$

(d) Lengan barat

Nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo khususnya pada alternatif II lengan barat dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Nilai waktu antrian pada alternatif II lengan selatan simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Barat	Kiri	Jl. Godean (B) - Jl. Ring Road Barat (U)	3.86
	Lurus	Jl. Godean (B) - Jl. Godean (T)	177.67
	Kanan	Jl. Godean (B) - Jl. Ring Road Barat (S)	57.385
Rata-rata			79.64

Dari hasil analisis *software vissim* pada alternatif II lengan selatan, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T &= 79,64 \text{ detik/skr} \\ &= 0.02212 \text{ jam/skr} \end{aligned}$$

7) Biaya kemacetan

Rincian analisis biaya kemacetan pada alternatif II simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta, dapat dilihat pada Tabel 5.25. Berdasarkan analisis perhitungan biaya kemacetan pada alternatif II yaitu dengan melakukan perubahan fase pada lengan barat dan timur, maka didapatkan biaya kemacetan yang terjadi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{\text{alternatif II}} &= C_{\text{total utara}} + C_{\text{total timur}} + C_{\text{total selatan}} + C_{\text{total barat}} \\ &= \text{Rp. } 484.820,- /\text{jam} + \text{Rp. } 194.780,- /\text{jam} \\ &\quad + \text{Rp. } 1.441.838,- /\text{jam} + \text{Rp. } 509.516,- /\text{jam} \\ &= \text{Rp. } 2.630.955,- /\text{jam} \end{aligned}$$

Tabel 5.25 Rincian analisis biaya kemacetan pada alternatif II perubahan fase simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	BOK	Kecepatan Eksisting	Kecepatan Ideal	Nilai Waktu Perjalanan	Jumlah Waktu Antrian	Biaya Kemacetan (Jam Puncak)
Utara	KB	40.3	Rp 1.354	40.92	60	Rp 4.970	0.01428	Rp 32.795
	KR	450	Rp 1.221	49.41	60	Rp 1.925		Rp 389.872
	SM	238.05	Rp 353	51.72	60	Rp 315		Rp 62.153
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Utara							
Timur	KB	10.4	Rp 1.478	35.43	60	Rp 4.970	0.01713	Rp 9.692
	KR	141	Rp 1.365	40.39	60	Rp 1.925		Rp 134.682
	SM	184.65	Rp 351	45.18	60	Rp 315		Rp 50.406
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Timur							
Selatan	KB	42.9	Rp 1.247	47.32	60	Rp 4.970	0.02146	Rp 55.292
	KR	756	Rp 1.158	58.95	60	Rp 1.925		Rp 1.108.047
	SM	532.8	Rp 378	64.50	60	Rp 315		Rp 278.499
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Selatan							
Barat	KB	7.8	Rp 1.582	31.60	60	Rp 4.970	0.02212	Rp 9.031
	KR	231	Rp 1.594	31.19	60	Rp 1.925		Rp 258.762
	SM	681.15	Rp 351	45.49	60	Rp 315		Rp 241.723
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Barat							
Total Biaya Kemacetan Pada Simpang Apill Demak Ijo								Rp 2.630.955

3. Alternatif III (Pelebaran Jalan pada Lengan Barat dan Timur)

Pada percobaan alternatif III dilakukan pelebaran jalan pada lengan barat dan lengan timur. Lebar lajur awal untuk lengan barat yang sebelumnya 12 meter menjadi 13 meter, pada lengan timur yang sebelumnya 12 meter menjadi 14 meter. Pelebaran jalan pada lengan barat dan timur dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26 Data geometrik alternatif III simpang APILL Demak Ijo

Nama Jalan	Pendekat (m)			
	Lebar Lajur awal (L)	Lebar pada garis henti (LM)	Lebar Pada lajur belok kiri (LBKiJT)	Lebar Pada lajur keluar (LK)
Jl. Ring Road Barat (U)	11	17,56	2.5	11,5
Jl. Godean (T)	14	9	2	5
Jl. Ring Road Barat (S)	11	9,6	2	11,55
Jl. Godean (B)	13	8	2	5

a. Analisis kinerja simpang APILL (alternatif III)

Hasil analisis *software vissim 9* pada alternatif III pelebaran jalan pada lengan barat dan lengan timur, maka didapatkan nilai *out put* adalah sebagai berikut :

1) Panjang Antrian Rata-rata dan Maksimum

Nilai panjang antrian adalah 33,78 meter dan nilai panjang antrian maksimum adalah 214,42 meter.

2) Jumlah Kendaraan yang lewat saat *Running Program Vissim*

Jumlah Kendaraan yang lewat saat *Running Program Vissim* adalah 1168 kendaraan.

3) Tingkat Pelayanan (*Level Of Service*)

Nilai tingkat pelayanan simpang APILL adalah E.

4) Tundaan

Nilai tundaan adalah 67 det/skr.

Hasil analisis *software vissim 9* pada alternatif III pelebaran jalan lengan barat dan lengan timur simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Hasil analisis alternatif III pelebaran jalan pada lengan barat dan lengan timur simpang APILL Demak Ijo

TIMEINT	Lengan	Arah	QLen (m)	Qlen Max (m)	Vehs (All) (kend.)	Pers (All) (orang)	LOS (All)	LOSVal (All)	VehDelay (All) (detik)	PersDelay (All) (detik)	Stop Delay (All) (detik)	Stops(All) (kend.)
0-3600	Utara	(U) - (T)	1.35	14.91	99	99	LOS_A	1	4.265	4.265	1.06	0.57
0-3600		(U) - (S)	102.285	201.345	143	143	LOS_F	6	112.095	112.095	98.59	2.015
0-3600		(U) - (B)	20.73	67.7	73	73	LOS_E	4.5	58.21	58.21	49.41	0.82
0-3600	Timur	(T) - (S)	1.11	18.28	65	65	LOS_A	1	3.53	3.53	2.585	0.165
0-3600		(T) - (B)	41.44	106.54	102	102	LOS_F	6	88.68	88.68	73.07	2.27
0-3600		(T) - (U)	23.77	58.275	62	62	LOS_E	4.5	58.765	58.765	52.695	0.94
0-3600	Selatan	(S) - (B)	0.05	10.28	39	39	LOS_B	2.5	28.975	28.975	20.035	1.085
0-3600		(S) - (U)	122.22	247.945	163	163	LOS_F	6	104.27	104.27	83	2.765
0-3600		(S) - (T)	13.375	69.96	76	76	LOS_D	4	44.69	44.69	37	0.94
0-3600	Barat	(B) - (U)	0	12.41	146	146	LOS_A	1	1.215	1.215	0.5	0.1
0-3600		(B) - (T)	174.57	214.42	113	113	LOS_F	6	218.67	218.67	190.72	6.27
0-3600		(B) - (S)	46.255	122.465	87	87	LOS_E	5	78.8	78.8	71.835	0.975
0-3600	Rata-rata		45.60	214.42	1168	1168	LOS_E	5	67	67	56.71	1.58

2) Analisis biaya kemacetan (alternatif III)

Pada analisis biaya kemacetan ini, menggunakan kecepatan eksisting dan volume kendaraan yang dianggap sama dengan kondisi eksisting simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta, yang membedakan adalah nilai waktu tundaan yang terjadi pada hasil analisis *software vissim* pada alternatif III. Biaya kemacetan pada alternatif III dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

1) N = Jumlah Kendaraan (skr/jam)

(a) Lengan utara

- (1) Kendaraan berat = 40,3 skr/jam
- (2) Kendaraan ringan = 450 skr/jam
- (3) Sepeda motor = 238,05 skr/jam

(b) Lengan timur

- (1) Kendaraan berat = 10,4 skr/jam
- (2) Kendaraan ringan = 141 skr/jam
- (3) Sepeda motor = 184,65 skr/jam

(c) Lengan selatan

- (1) Kendaraan berat = 42,9 skr/jam
- (2) Kendaraan ringan = 756 skr/jam
- (3) Sepeda motor = 532,8 skr/jam

(d) Lengan barat

- (1) Kendaraan berat = 7,8 skr/jam
- (2) Kendaraan ringan = 231 skr/jam
- (3) Sepeda motor = 681,15 skr/jam

2) G = Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

(a) Lengan utara

- (1) BOK Kendaraan berat = Rp. 1.354,-/jam
- (2) BOK Kendaraan ringan = Rp. 1.221,-/jam
- (3) BOK Sepeda motor = Rp. 353,-/jam

(b) Lengan timur

(1) BOK Kendaraan berat = Rp. 1.478,-/jam

(2) BOK Kendaraan ringan = Rp. 1.365,-/jam

(3) BOK Sepeda motor = Rp. 351,-/jam

(c) Lengan selatan

(1) BOK Kendaraan berat = Rp. 1.247,-/jam

(2) BOK Kendaraan ringan = Rp. 1.158,-/jam

(3) BOK Sepeda motor = Rp. 378,-/jam

(d) Lengan barat

(1) BOK Kendaraan berat = Rp. 1.582,-/jam

(2) BOK Kendaraan ringan = Rp. 1.594,-/jam

(3) BOK Sepeda motor = Rp. 351,-/jam

3) A = Kendaraan dengan Kecepatan Eksisting (km/jam)

Untuk kecepatan eksisting pada simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 5.7.

4) B = Kendaraan dengan Kecepatan Ideal (km/jam)

Berdasarkan Pasal 21 ayat 4 Undang-Undang No.22 Tahun 2009, batas kecepatan paling rendah pada jalan bebas hambatan ditetapkan dengan batas absolut 60 km/jam.

5) V' = Nilai Waktu Perjalanan (Rp/jam)

Nilai waktu pada setiap jenis kendaraan berdasarkan hasil studi *Indonesian Highway Capacity Manual* (IHCM) dapat dilihat pada Tabel 5.8

6) T = Jumlah Waktu Antrian (detik/skr)

(a) Lengan utara

Nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo khususnya pada alternatif III lengan utara dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Nilai waktu antrian pada alternatif III lengan utara simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Utara	Kiri	Jl. Ring Road Barat (U) - Jl. Godean (T)	4.265
	Lurus	Jl. Ring Road Barat (U) - Jl. Ring Road Barat (S)	112.095
	Kanan	Jl. Ring Road Barat (U) - Jl. Godean Barat (B)	58.21
Rata-rata			58.19

Dari hasil analisis *software vissim* pada alternatif III lengan utara, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 58,19 \text{ detik/skr}$$

$$= 0.01616 \text{ jam/skr}$$

(b) Lengan timur

Nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo khususnya pada alternatif III lengan timur dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Nilai waktu antrian pada alternatif III lengan timur simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Timur	Kiri	Jl. Godean (T) - Jl. Ring Road Barat (S)	3.53
	Lurus	Jl. Godean (T) - Jl. Godean Barat (B)	88.68
	Kanan	Jl. Godean (T) - Jl. Ring Road Barat (U)	58.765
Rata-rata			50.33

Dari hasil analisis *software vissim* pada alternatif III lengan timur, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 50,33 \text{ detik/skr}$$

$$= 0.01398 \text{ jam/skr}$$

(c) Lengan selatan

Nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo khususnya pada alternatif III lengan selatan dapat dilihat pada Tabel 5.30.

Tabel 5.30 Nilai waktu antrian pada alternatif III lengan selatan simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Selatan	Kiri	Jl. Ring Road Barat (S) - Jl. Godean Barat (B)	28.975
	Lurus	Jl. Ring Road Barat (S) - Jl. Ring Road Barat (U)	104.27
	Kanan	Jl. Ring Road Barat (S) - Jl. Godean (T)	44.69
Rata-rata			59.31

Dari hasil analisis *software vissim* pada alternatif III lengan selatan, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$T = 59,31 \text{ detik/skr}$$

$$= 0.01647 \text{ jam/skr}$$

(d) Lengan barat

Nilai waktu antrian pada simpang APILL Demak Ijo khususnya pada alternatif III lengan barat dapat dilihat pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31 Nilai waktu antrian pada alternatif III lengan selatan simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Arah		VehDelay (All) (detik)
Barat	Kiri	Jl. Godean (B) - Jl. Ring Road Barat (U)	1.215
	Lurus	Jl. Godean (B) - Jl. Godean (T)	218.67
	Kanan	Jl. Godean (B) - Jl. Ring Road Barat (S)	78.8
Rata-rata			99.56

Dari hasil analisis *software vissim* pada alternatif III lengan selatan, maka didapatkan nilai waktu antrian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T &= 99,56 \text{ detik/skr} \\ &= 0.02765 \text{ jam/skr} \end{aligned}$$

7) Biaya kemacetan

Rincian analisis biaya kemacetan pada alternatif III simpang APILL Demak Ijo Yogyakarta, dapat dilihat pada Tabel 5.32. Berdasarkan analisis perhitungan biaya kemacetan pada alternatif III yaitu dengan melakukan pelebaran jalan pada lengan barat dan timur, maka didapatkan biaya kemacetan yang terjadi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{\text{alternatif III}} &= C_{\text{total utara}} + C_{\text{total timur}} + C_{\text{total selatan}} + C_{\text{total barat}} \\ &= \text{Rp. } 548.648,- /\text{jam} + \text{Rp. } 158.963,- /\text{jam} \\ &\quad + \text{Rp. } 1.116.574,- /\text{jam} + \text{Rp. } 636.896,- /\text{jam} \\ &= \text{Rp. } 2.451.080,- /\text{jam} \end{aligned}$$

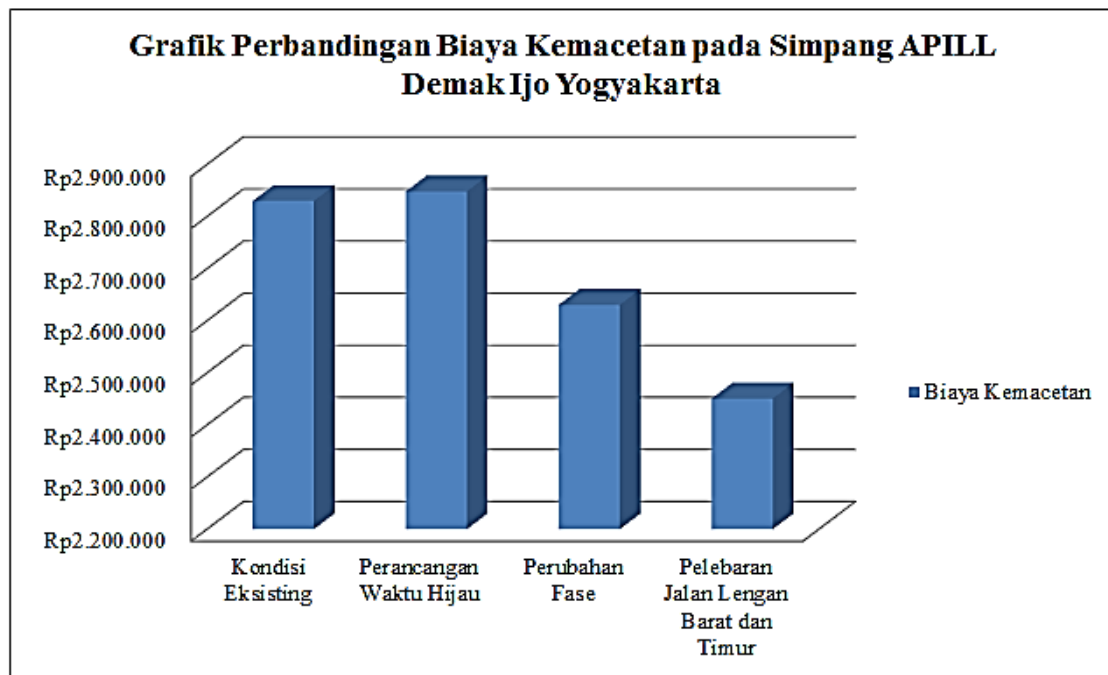
Hasil perbandingan kinerja simpang APILL Demak Ijo pada kondisi eksisting dan skenario perbaikan dapat dilihat pada Tabel 5.33 dan hasil perbandingan biaya kemacetan pada kondisi eksisting dan skenario perbaikan kinerja simpang dapat dilihat pada Gambar 5.24.

Tabel 5.32 Rincian analisis biaya kemacetan pada alternatif III pelebaran jalan pada lengan barat dan lengan timur simpang APILL Demak Ijo

Lengan	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	BOK	Kecepatan Eksisting	Kecepatan Ideal	Nilai Waktu Perjalanan	Jumlah Waktu Antrian	Biaya Kemacetan (Jam Puncak)
Utara	KB	40.3	Rp 1.354	40.92	60	Rp 4.970	0.01616	Rp 37.112
	KR	450	Rp 1.221	49.41	60	Rp 1.925		Rp 441.200
	SM	238.05	Rp 353	51.72	60	Rp 315		Rp 70.336
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Utara							
Timur	KB	10.4	Rp 1.478	35.43	60	Rp 4.970	0.01398	Rp 7.909
	KR	141	Rp 1.365	40.39	60	Rp 1.925		Rp 109.916
	SM	184.65	Rp 351	45.18	60	Rp 315		Rp 41.137
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Timur							
Selatan	KB	42.9	Rp 1.247	47.32	60	Rp 4.970	0.01647	Rp 42.435
	KR	756	Rp 1.158	58.95	60	Rp 1.925		Rp 850.398
	SM	532.8	Rp 378	64.50	60	Rp 315		Rp 213.741
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Selatan							
Barat	KB	7.8	Rp 1.582	31.60	60	Rp 4.970	0.02765	Rp 11.289
	KR	231	Rp 1.594	31.19	60	Rp 1.925		Rp 323.453
	SM	681.15	Rp 351	45.49	60	Rp 315		Rp 302.154
	Total Biaya Kemacetan Pada Lengan Barat							
Total Biaya Kemacetan Pada Simpang Apill Demak Ijo								Rp 2.451.080

Tabel 5.33 Hasil Perbandingan kinerja simpang pada kondisi eksisting dan skenario perbaikan kinerja simpang APILL Demak Ijo

TIMEINT	Lengan	Arah		Kondisi Eksisting						Alternatif I Perancangan Ulang Waktu Hijau						Alternatif II Perubahan Fase						Alternatif III Pelebaran Jalan pada Lengan Barat dan Timur					
				Qlen (m)	QLen Max (m)	Vehs (All) (Kend.)	LOS (All)	LOS Val (All)	Veh. Delay (All) (s)	Qlen (m)	QLen Max (m)	Vehs (All) (Ken)	LOS (All)	LOS Val (All)	Veh. Delay (All) (s)	Qlen (m)	QLen Max (m)	Vehs (All) (Kend.)	LOS (All)	LOS Val (All)	Veh. Delay (All) (s)	Qlen (m)	QLen Max (m)	Vehs (All) (Kend.)	LOS (All)	LOS Val (All)	Veh. Delay (All) (s)
0-3600	Utara	Kiri	(U) - (T)	1.24	20.51	96	LOS_A	1	8.36	2.57	26.32	99	LOS_B	2	14.1	0.54	11.61	99	LOS_A	1	7.54	1.35	14.91	99	LOS_A	1	4.27
0-3600		Lurus	(U) - (S)	103.2	201.4	143	LOS_F	6	123.43	140	201.2	92	LOS_F	6	211.89	83.07	190.5	153	LOS_E	5.5	91.34	102.3	201.4	143	LOS_F	6	112.1
0-3600		Kanan	(U) - (B)	20.75	67.7	73	LOS_E	4.5	60.69	57.64	127.4	56	LOS_F	6	142.95	19.68	67.84	73	LOS_D	4.5	55.37	20.73	67.7	73	LOS_E	4.5	58.21
0-3600	Timur	Kiri	(T) - (S)	1.12	18.24	64	LOS_A	1	3.06	0	0	67	LOS_A	1	1.79	0.53	9.57	67	LOS_A	1	3.67	1.11	18.28	65	LOS_A	1	3.53
0-3600		Lurus	(T) - (B)	72.49	150.5	86	LOS_F	6	110.25	115.2	246.1	62	LOS_F	6	168.17	95.07	215	86	LOS_F	6	121.3	41.44	106.5	102	LOS_F	6	88.68
0-3600		Kanan	(T) - (U)	23.82	58.32	62	LOS_E	4.5	58.98	40.6	106.4	56	LOS_E	5.5	111.13	24.62	58.32	62	LOS_D	4.5	60.02	23.77	58.28	62	LOS_E	4.5	58.77
0-3600	Selatan	Kiri	(S) - (B)	0.38	13.3	39	LOS_A	3	37.31	0.48	13.28	35	LOS_B	3	25.17	1.09	22.46	35	LOS_B	3.5	36.22	0.05	10.28	39	LOS_B	2.5	28.98
0-3600		Lurus	(S) - (U)	128.2	186.3	143	LOS_F	6	135.62	72.71	245.3	149	LOS_F	6	87.57	123.9	247.1	166	LOS_F	6	122.7	122.2	248	163	LOS_F	6	104.3
0-3600		Kanan	(S) - (T)	13.39	69.96	76	LOS_D	4	48.43	16.17	68.32	67	LOS_D	4.5	51.38	13.78	45.82	79	LOS_E	5	72.87	13.38	69.96	76	LOS_D	4	44.69
0-3600	Barat	Kiri	(B) - (U)	0	12.07	145	LOS_A	1	1.2	1.26	18.42	144	LOS_A	1.5	5.55	0.91	15.04	144	LOS_A	1	3.86	0	12.41	146	LOS_A	1	1.22
0-3600		Lurus	(B) - (T)	173.9	214.4	87	LOS_F	6	232.63	147.8	214.4	146	LOS_F	6	115.35	168.5	215	111	LOS_F	6	177.7	174.6	214.4	113	LOS_F	6	218.7
0-3600		Kanan	(B) - (S)	46.23	122.4	87	LOS_D	5	139.07	27.12	94.78	100	LOS_D	4.5	53.67	40.4	115.2	78	LOS_E	4.5	57.39	46.26	122.5	87	LOS_E	5	78.8
0-3600	Rata-rata			48.73	186.3	1101	LOS_F	6	80	51.8	214.4	1073	LOS_F	6	82	47.67	247.1	1153	LOS_E	5	68	45.6	214.4	1168	LOS_E	5	67



Gambar 5.24 Perbandingan biaya kemacetan pada simpang APILL Demak Ijo.