

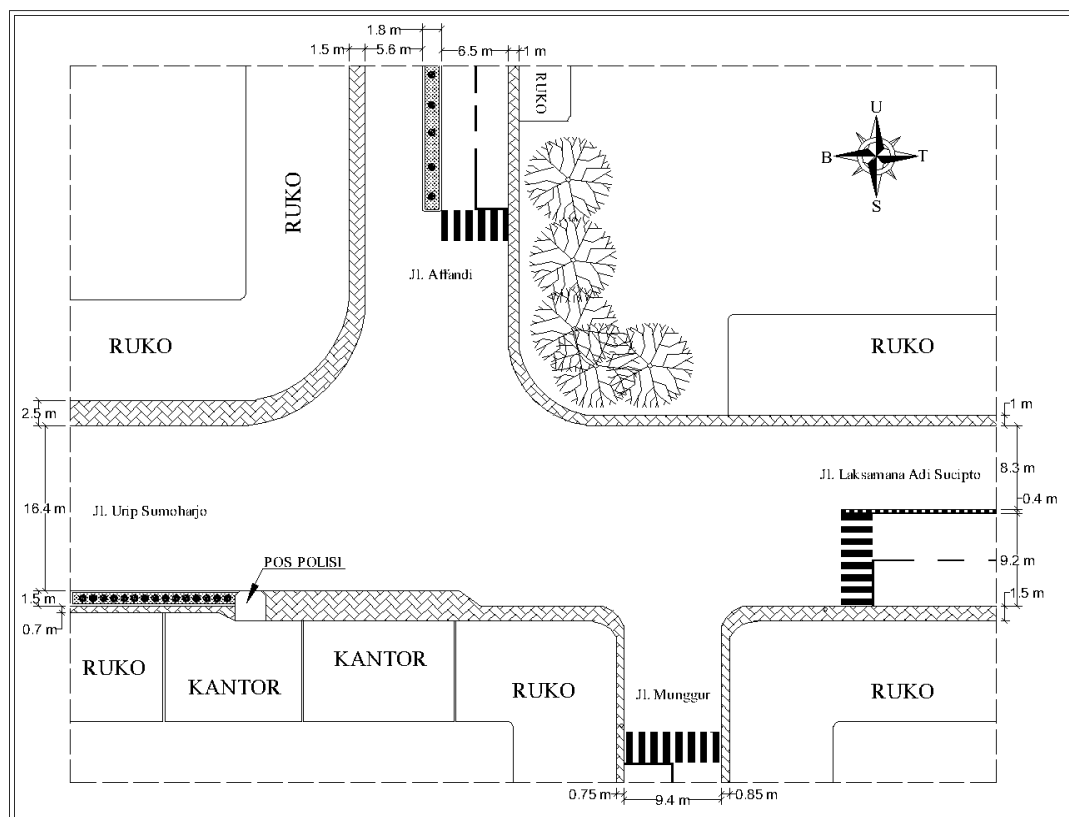
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Masukan

1. Kondisi Geometrik Simpang

Kondisi geometrik simpang empat bersinyal Demangan dilakukan dengan survey dan pengukuran langsung dilapangan, kondisi geometrik simpang empat bersinyal Demangan dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Kondisi Geometrik Simpang Empat Bersinyal Demangan

- a. Lengan utara Jalan Affandi :12,1 m
- b. Lengan Selatan Jalan Munggur : 9,4 m
- c. Lengan Timur Jalan Laksada Adisucipto : 17.5 m
- d. Lengan Barat Jalan Urip Sumoharjo :16,4 m

2. Data Lingkungan dan Geometrik Jalan

Tabel 4.1 Data lingkungan Simpang Empat Bersinyal Demangan

Nama Jalan	Kondisi Lingkungan	Hambatan Samping	Median	Kelandaian (%)	LTOR
Jl. Affandi (U)	Komersial	Tinggi	Ya	-	Ya
Jl. Munggur (S)	Komersial	Tinggi	Tidak	-	Tidak
Jl. Laksada Adisucipto (T)	Komersial	Tinggi	Ya	-	Tidak
Jl. Urip Sumoharjo (B)	Komersial	Tinggi	Tidak	-	Tidak

Tabel 4.2 Data Geometrik Simpang Empat Bersinyal Demangan

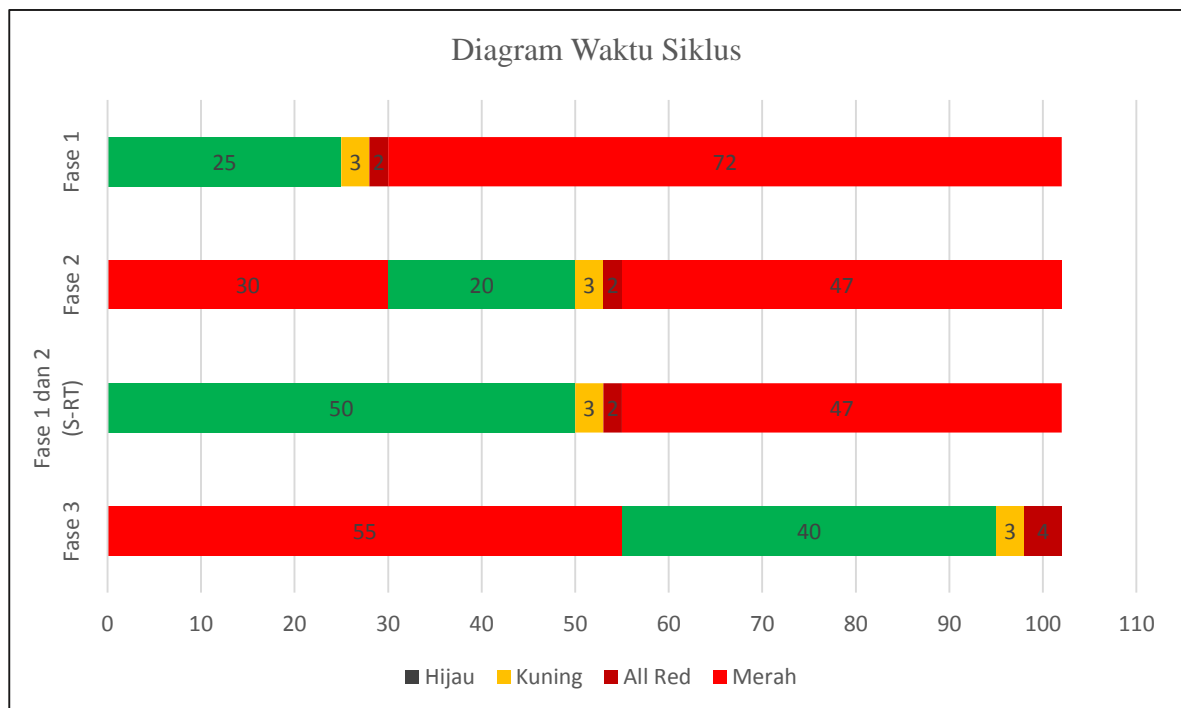
Nama Jalan	Pendekat (m)			
	Lebar Pendekat	Lebar Masuk	Lebar Keluar	Lebar LTOR
Jl. Affandi (U)	6,5	3,25	16,4	3,25
Jl. Munggur (S) (Kiri)	4,7	4,7	5,6	0
Jl. Munggur (S) (Kanan)	4,7	4,7	8,3	0
Jl. Laksada Adisucipto (T)	9,2	9,2	16,4	0

3. Pengoperasian Lalulintas (Fase)

Kondisi lalulintas pada simpang bersinyal meliputi, jumlah fase, waktu masing – masing fase dan gerakan sinyal. Gerakan sinyal meliputi, waktu hijau, waktu kuning dan waktu merah. Pada simpang empat bersinyal Demangan terdapat tiga fase lalulintas. Lamanya waktu sinyal lalulintas di simpang empat bersinyal Demangan pada setiap fasenya disajikan dalam Tabel 4.3 dan Gambar 4.2 berikut ini :

Tabel 4.3 Kondisi Persinyalan Dan Tipe Pendekat

Sinyal	Lengan	Tipe pendekat	Waktu (detik)			
			Merah	Hijau	Kuning	All red
Fase 1	Utara	Terlindung (P)	72	25	3	2
	Selatan (Kanan)	Terlindung (P)	72	30	0	0
Fase 2	Selatan (Kiri)	Terlindung (P)	77	20	3	2
	Selatan (Kanan)	Terlindung (P)				
Fase 3	Timur	Terlindung (P)	55	40	3	4
Waktu siklus (detik)			102			



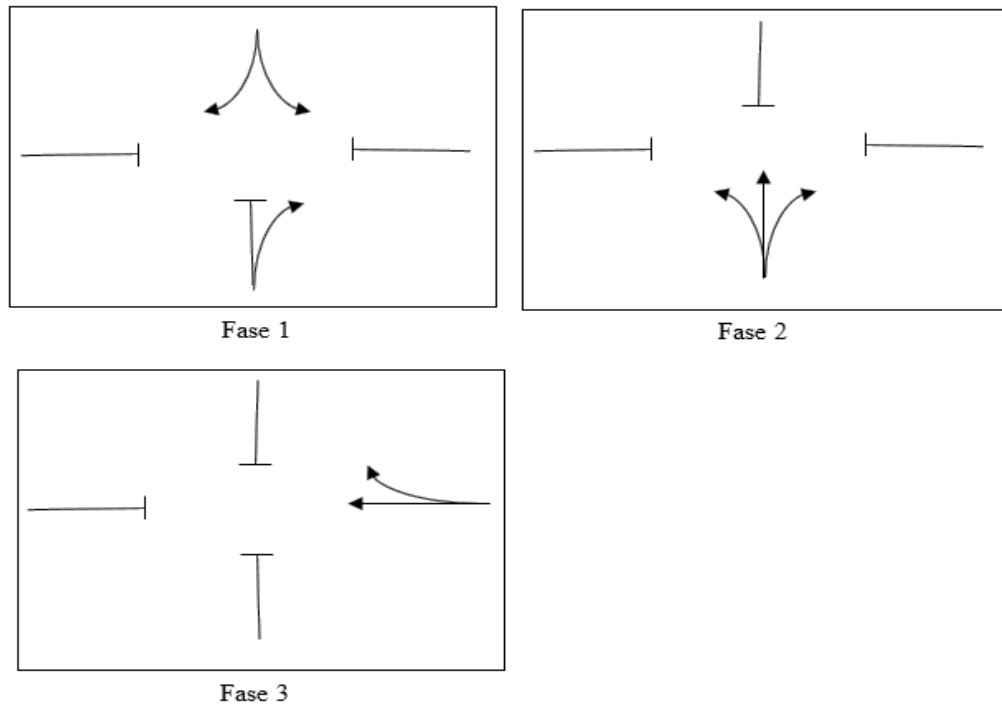
Gambar 4.2 Diagram Waktu Siklus Simpang Empat Bersinyal Demangan

Sehingga diketahui bahwa lamanya waktu merah semua (*all red*) masing – masing fase adalah :

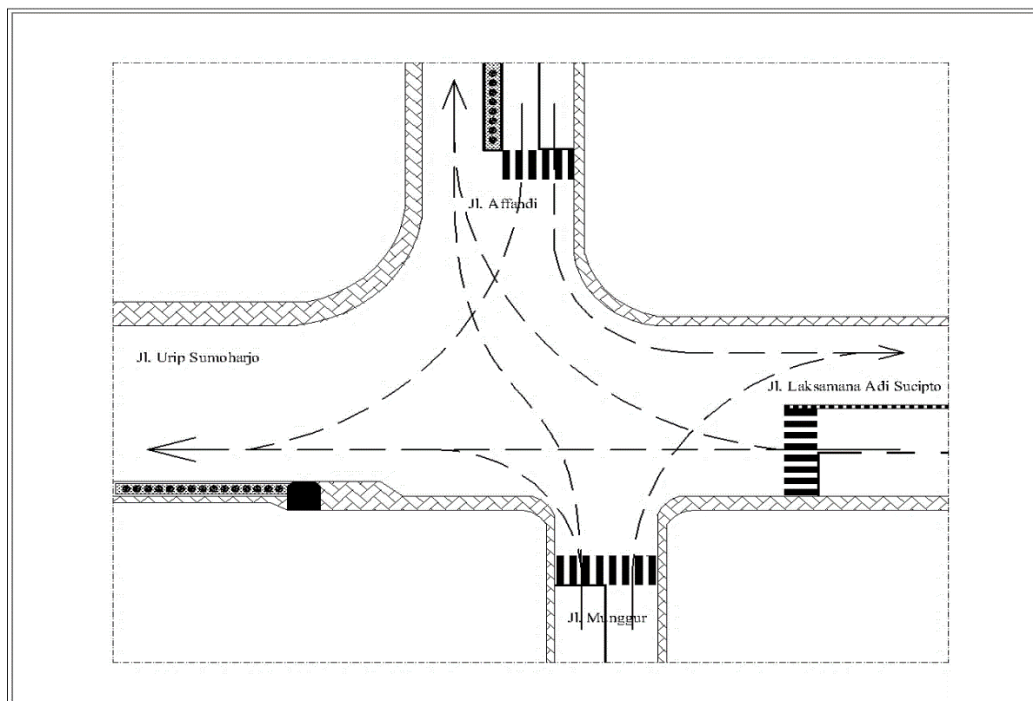
$$All\ red = Waktu\ siklus\ total - \sum (Waktu\ Hijau + Waktu\ Kuning)$$

$$= 102 - 94$$

$$= 8\ \text{detik}$$



Gambar 4.3 Kondisi Fase Sinyal Simpang Empat Bersinyal Demangan



Gambar 4.4 Kondisi Pergerakan Arus Lalulintas Simpang Empat Bersinyal Demangan

B. Data Lalulintas

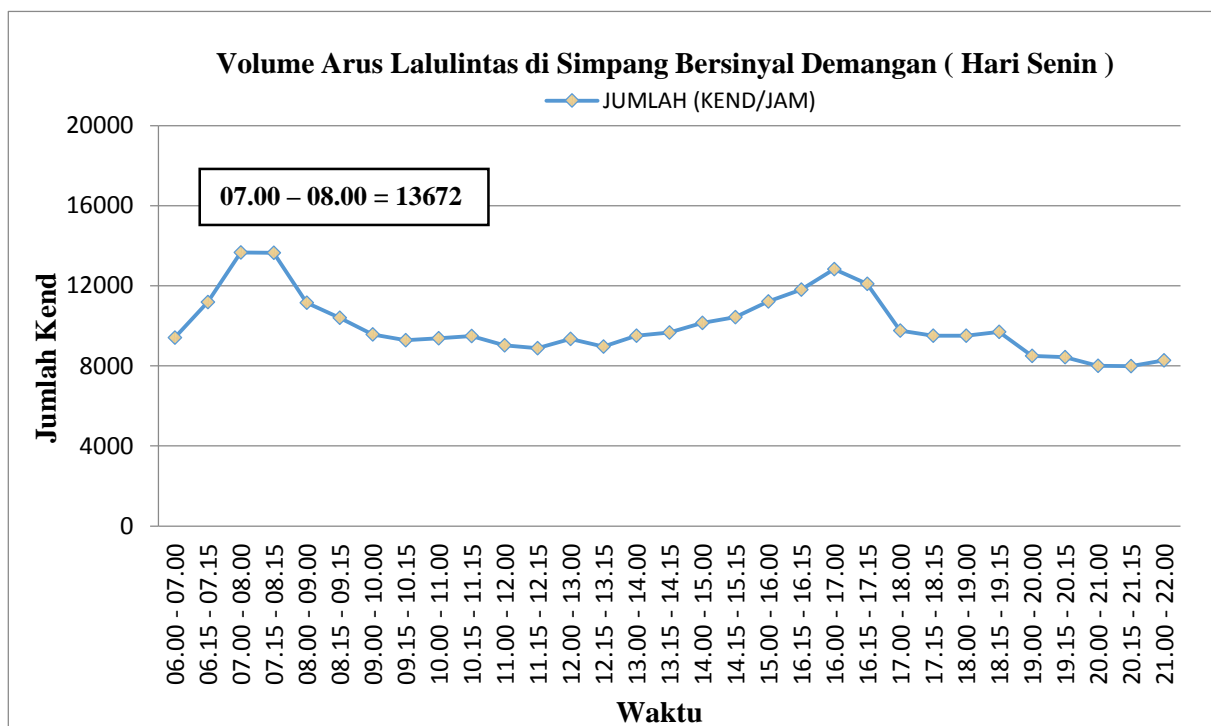
1. Volume Arus Lalulintas

Volume arus lalulintas pada simpang empat bersinyal Demangan setelah dilakukan penjumlahan arus lalulintas setiap lengan dan setiap arah, dan didapat total arus lalulintas sehingga didapatkan volume jam puncak sebagai acuan dalam menganalisis data. Volume arus lalulintas pada hari senin 16 mei 2016, disajikan pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 berikut :

Tabel 4.4 Volume Arus Lalulintas Simpang Empat Bersinyal Demangan Senin, 16 Mei 2016

WAKTU	Volume dari tiap Lengan (kend)			JUMLAH (KEND/JAM)
	UTARA	TIMUR	SELATAN	
06.00 - 07.00	1962	4907	2543	9412
06.15 - 07.15	2246	5946	2991	11183
07.00 - 08.00	2541	7406	3725	13672
07.15 - 08.15	2606	7330	3709	13645
08.00 - 09.00	2654	5405	3091	11150
08.15 - 09.15	2544	4911	2954	10409
09.00 - 10.00	2449	4136	2989	9574
09.15 - 10.15	2472	3867	2942	9281
10.00 - 11.00	2513	3859	3001	9373
10.15 - 11.15	2619	3797	3079	9495
11.00 - 12.00	2767	3403	2855	9025
11.15 - 12.15	2667	3427	2796	8890
12.00 - 13.00	2693	3748	2902	9343
12.15 - 13.15	2203	3826	2936	8965
13.00 - 14.00	2862	3571	3072	9505
13.15 - 14.15	2831	3650	3182	9663
14.00 - 15.00	2940	3770	3440	10150
14.15 - 15.15	3076	3811	3554	10441
15.00 - 16.00	3378	4232	3610	11220
16.15 - 16.15	3591	4726	3493	11810
16.00 - 17.00	3712	5203	3912	12827
16.15 - 17.15	3472	4829	3804	12105
17.00 - 18.00	2831	3586	3340	9757
17.15 - 18.15	2678	3608	3218	9504
18.00 - 19.00	2840	3796	2872	9508
18.15 - 19.15	2825	3770	3101	9696
19.00 - 20.00	2742	3220	2541	8503
19.15 - 20.15	2804	3141	2487	8432
20.00 - 21.00	2819	2915	2265	7999
20.15 - 21.15	2900	2875	2212	7987
21.00 - 22.00	2928	3180	2176	8284

Sumber : Data primer, Senin 16 Mei 2016



Gambar 4.5 Diagram Arus Lalulintas Simpang Empat Bersinyal Demangan
(Senin 16 Mei 2016)

2. Volume Lalulintas Jam Puncak (VJP)

Volume lalulintas pada jam puncak pada simpang empat bersinyal Demangan disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.5 Volume Lalulintas Jam Puncak

Periode Waktu	Lengan	Arah	Volume Kendaraan (smp/jam)			
			LV	HV	MC	UM
07.00 – 08.00	Utara	Belok Kiri	109	13	130	12
		Belok Kanan	277	9	302	16
	Selatan	Belok Kiri	31	5	40	3
		Lurus	133	5	205	12
		Belok Kanan	399	10	379	11
	Timur	Lurus	610	18	978	5
		Belok Kanan	248	16	324	8

Sumber : Data primer, Senin 16 Mei 2016

C. Analisis Data

Data primer maupun sekunder yang telah diperoleh dianalisis dengan mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Analisis data yang dilakukan yakni data dalam kondisi eksisting.

1. Arus Jenuh (S)

Nilai Arus Jenuh (S) dapat ditentukan dengan mengalikan Arus Jenuh Dasar dengan faktor koreksi/penyesuaian. Faktor penyesuaian tersebut adalah, faktor penyesuaian terhadap ukuran kota (F_{CS}), faktor penyesuaian hambatan samping (F_{SF}), faktor penyesuaian kelandaian (F_G), faktor penyesuaian parkir (F_P), faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) dan faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (\text{smp/jam})$$

a. Arus jenuh dasar (S_0)

Penentuan Arus Jenuh Dasar merupakan awal dari perhitungan untuk mendapatkan nilai kapasitas suatu lengan/pendekat. Nilai Arus Jenuh dasar dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$S_0 = 600 \times W_{\text{efektif}} \quad (\text{smp/jam})$$

Dari hasil penelitian dilapangan didapat lebar efektif (W_{efektif}) pada lengan sebelah utara adalah sebesar 3,25 meter, sehingga Arus Jenuh Dasar (S_0) dapat dihitung dengan rumus yang ada diatas, yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_0 &= 600 \times 3,25 \\ &= 1950 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

b. Faktor penyesuain ukuran kota (F_{CS})

Faktor ukuran diketahui melalui Tabel 3.3 dengan dengan menyesuaikan jumlah penduduk D.I.Yogyakarta sebesar 3,6 juta jiwa. berdasarkan data BPS tahun 2016. Sehingga didapat faktor penyesuaian ukuran kota sebesar 1,05.

c. Faktor penyesuaian hambatan samping (F_{sf})

Faktor penyesuaian hambatan samping diperoleh melalui rasio kendaraan tak bermotor (UM/MV) pada setiap lengan dengan menghitung secara interpolasi dari Tabel 3.4. Perhitungan hambatan samping pada lengan utara adalah sebagai berikut.

$$\text{Nilai UM/MV} = 0,0111$$

$$\begin{aligned} \text{Interpolasi} &= X + ((Y_1 - Y) / (Y_2 - Y)) \times (X_2 - X) \\ &= 0,93 + ((0,0111 - 0,00) / (0,05 - 0,00)) \times (0,91 - 0,93) \\ &= 0,92556 \end{aligned}$$

dengan:

$$Y = 0,00 \text{ (Tabel 3.4)}$$

$$Y_1 = 0,0111 \text{ (UM/MV, kolom 18 SIG II)}$$

$$Y_2 = 0,05 \text{ (Tabel 3.4)}$$

$$X = 0,93 \text{ (Nilai } F_{sf}, \text{ Tabel 3.4, dengan lingkungan jalan komersial, hambatan samping tinggi, dan tipe fase terlindung)}$$

$$X_2 = 0,91 \text{ (Nilai } F_{sf}, \text{ Tabel 3.4, dengan lingkungan jalan komersial, hambatan samping tinggi, dan tipe fase terlindung)}$$

d. Faktor penyesuaian kelandaian (F_G)

Faktor penyesuaian kelandaian pada penelitian ini diketahui berdasarkan Gambar 3.6 Diambil tingkat kelandaian 0 % sehingga nilai F_g sebesar 1,0.

e. Faktor penyesuaian parkir (F_p)

Faktor penyesuaian parkir dalam penelitian ini berdasarkan data lapangan yang disesuaikan melalui Gambar 3.7. Dari hasil pengamatan lapangan di dapat jarak garis henti sampai parkir pertama lebih dari 80 m pada setiap lengan, sehingga nilai F_p diketahui sebesar 1. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada hambatan di setiap lengan yang dapat mempengaruhi nilai arus jenuh.

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

Faktor penyesuaian belok kanan diketahui melalui rasio kendaraan belok kanan (P_{RT}). Perhitungan untuk F_{RT} menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$F_{RT} = 1,0 + (P_{RT} \times 0,26)$$

Namun persamaan diatas hanya berlaku untuk tipe pendekatan P, Tanpa median, jalan 2 arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk (MKJI 1997). Untuk lengan utara menggunakan median, sehingga persamaan diatas tidak berlaku. Untuk itu nilai F_{RT} untuk lengan utara adalah 1,00.

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

Faktor penyesuaian belok kiri diketahui melalui rasio kendaraan belok kiri (P_{LT}). Perhitungan untuk F_{LT} pada lengan utara sebagai berikut.

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16$$

Namun persamaan diatas hanya berlaku untuk tipe pendekatan P, Tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk (MKJI 1997). Untuk lengan utara menggunakan median, sehingga persamaan diatas tidak berlaku. Untuk itu nilai F_{LT} untuk lengan utara adalah 1,00.

Perhitungan Arus Jenuh (S) pada lengan utara adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S &= 1950 \times 1,05 \times 0,925 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &= 2167,82 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Nilai arus jenuh pada simpang bersinyal demangan pada kondisi eksisting dirangkum dalam Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Nilai Arus Jenuh Kondisi Eksisting

Periode waktu	Kode Pendekat	Faktor Penyesuaian						Arus Jenuh Dasar (So) (smp/jam)	Arus Jenuh (S) (smp/jam)
		F _{CS}	F _{SF}	F _G	F _P	F _{RT}	F _{LT}		
07.00 - 08.00	U	1,05	0,925	1	1	1,000	1,000	1950	1893,94
	S	1,05	0,926	1	1	1,000	0,98	2820	2696,09
	S - RT	1,05	0,928	1	1	1,000	1,000	2820	2747,81
	T	1,05	0,929	1	1	1,000	1,000	5520	5384,48

2. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

a. Kapasitas (C)

Besarnya nilai Kapasitas (C) tergantung pada Arus Jenuh dan rasio waktu hijau pada masing-masing pendekat. Perhitungan kapasitas untuk kondisi eksisting pada lengan utara dengan persamaan :

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

$$C = 1893,94 \times 25/102$$

$$C = 464 \text{ smp/jam}$$

dengan :

$$S = 1893,94 \text{ smp/jam}$$

$$g = 25 \text{ detik (data lapangan)}$$

$$c = 102 \text{ detik (data lapangan)}$$

Kapasitas pada simpang Demangan dirangkum dalam Tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7 Kapasitas Simpang Kondisi Eksisting

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Arus Jenuh (S) (Smp/jam)	Waktu hijau (g) (Detik)	Waktu Siklus yang Disesuaikan (c) (Detik)	Kapasitas (Smp/jam)
07.00 s/d 08.00	U	P	1893,94	25	102	464
	S	P	2696,09	20		529
	S-RT	P	2747,81	50		1347
	T	P	5384,48	40		2112

b. Derajat Kejenuhan

Perhitungan nilai derajat kejenuhan simpang empat bersinyal Demangan untuk kondisi eksisting pada lengan utara dengan persamaan:

$$\begin{aligned} DS &= Q/C \\ &= 464/539 \\ &= 1,160 \end{aligned}$$

Nilai derajat kejenuhan (DS) simpang empat bersinyal Demangan dirangkum pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Derajat Kejenuhan (DS) Kondisi Eksisting

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Arus Lalulintas (Q)	Kapasitas (Smp/jam)	Derajat Jenuh
07.00 - 08.00	U	P	539	464	1,160
	S	P	419	529	0,793
	S-RT	P	789	1347	0,586
	T	P	2194	2112	1,039

3. Panjang Antrian (Q_L)

Hasil dari Derajat Kejenuhan (DS) digunakan untuk menghitung jumlah antrian (NQ_1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Persamaan yang digunakan adalah :

Untuk $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C [(DS - 1)] + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}}$$

Untuk $DS \leq 0,5$

$$NQ_1 = 0$$

Perhitungan NQ_1 untuk kondisi eksisting pada lengan utara dengan persamaan:

$$NQ_1 = 0,25 \times 464 [(1,160 - 1)] + \sqrt{(1,160 - 1)^2 + \frac{8 \times (1,160 - 0,5)}{464}}$$

$$NQ_1 = 40,90 \text{ smp}$$

Kemudian Jumlah Antrian yang datang selama fase merah (NQ_2) dihitung dengan Persamaan :

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Perhitungan NQ_2 untuk kondisi eksisting pada lengan utara dengan persamaan:

$$NQ_2 = 464 \times \frac{1 - 0,245}{1 - 0,245 \times 1,160} \times \frac{539}{3600}$$

$$NQ_2 = 16,09 \text{ smp}$$

$$NQ_{TOTAL} = NQ_1 + NQ_2$$

$$NQ_{TOTAL} = 40,90 + 16,09$$

$$NQ_{TOTAL} = 56,99 \text{ smp}$$

Perhitungan NQ_{MAX} diperoleh dari Gambar 3.11 dengan menghubungkan nilai rata – rata dari NQ_{TOTAL} dan *probabilitas overloading* $P_{ol}(\%)$.

Panjang Antrian (QL) pada suatu pendekatan adalah hasil perkalian jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m^2) dan pembagian dengan lebar masuk, yang persamaannya dituliskan sebagai berikut :

$$QL = NQ_{MAX} \times (20 / W_{MASUK})$$

$$= 45 \times (20 / 3.25)$$

$$= 138 \text{ m}$$

Hasil perhitungan Panjang Antrian (QL) simpang empat bersinyal Demangan dirangkum pada Tabel 4.9 di bawah ini :

Tabel 4.9. Panjang Antrian Kondisi Eksisting

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Jumlah Smp yang Tersisa dari Fase Hijau (NQ_1)	Jumlah Smp yang Datang Selama Fase Merah (NQ_2)	NQ_{TOTAL}	NQ_{MAX}	Panjang Antrian (QL) (m)
07.00 s/d 08.00	U	P	40,90	16,09	56,99	45	277
	S	P	1,38	11,30	11,30	14	60
	S-RT	P	0,21	15,98	16,19	16	68
	T	P	51,97	63,75	115,72	78	170

4. Kendaraan Terhenti

Perhitungan analisis kendaraan henti kondisi eksisting pada lengan utara dapat dihitung menggunakan Persamaan :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

$$NS = 0,9 \times \frac{56,99}{539 \times 102} \times 3600$$

$$= 3,362$$

dengan:

NS = rasio kendaraan henti (smp/jam)

NQ = 56,99 (jumlah antrian total, form SIG V kolom 8)

Q = 539 smp/jam (arus lalu lintas, form SIG V kolom 2)

c = 102 detik (waktu siklus lapangan, form SIG IV)

Perhitungan jumlah kendaraan henti kondisi eksisting pada lengan utara dapat dihitung menggunakan Persamaan :

$$N_{SV} = Q \times NS$$

$$N_{SV} = 539 \times 3,362$$

$$= 1810 \text{ smp/jam}$$

Perhitungan Angka henti total (NS_{TOT}) dapat diperoleh dengan persamaan :

$$NS_{TOT} = \frac{\sum Nsv}{Qtot}$$

$$NS_{TOT} = \frac{6403}{4192}$$

$$NS_{TOT} = 1,53$$

Untuk hasil perhitungan Kendaraan Henti (NS) dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini :

Tabel 4.10 Kendaraan Henti (NS) Kondisi Eksisting

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Angka Henti (NS) (smp)	Jumlah Kendaraan Henti (N_{sv})
07.00-08.00	U	P	3,362	1810
	S	P	0,961	403
	S-RT	P	0,652	514
	T	P	1,676	3676
NS_{TOT}				1,53

5. Tundaan

Perhitungan tundaan lalulintas rata – rata (DT) pada kondisi eksisting untuk lengan utara dapat dihitung dengan Persamaan berikut :

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

$$A = \frac{0,5 \times (1 - 0,245)^2}{(1 - 0,245 \times 1,160)}$$

$$= 0,398$$

$$DT = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$$

$$DT = 102 \times 0,398 + \frac{40,90 \times 3600}{464}$$

$$= 357,769 \text{ det/smp}$$

dengan:

$c = 102$ detik (waktu siklus lapangan, form SIG IV)

$NQ1 = 40,90$ (form SIG V kolom 6)

$GR = 0,245$ (rasio hijau, form SIG V kolom 5)

$DS = 1,160$ (derajat jenuh, form SIG V kolom 4)

Perhitungan Tundaan geometri rata – rata (DG) pada kondisi eksisting untuk lengan utara dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} DG_j &= (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4) \\ &= (1 - 3,362) \times (0,69 \times 6) + (3,362 \times 4) \\ &= 361,371 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

dengan:

$P_{sv} = 3,362$ (rasio kendaraan terhenti pada approach, form SIG V)

$P_T = 0,69$ (rasio kendaraan berbelok pada approach, form SIG IV)

Perhitungan analisis tundaan rata – rata (D) dan tundaan total pada kondisi eksisting untuk lengan utara menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} D &= DT + DG \\ &= 357,769 + 3,602 \\ &= 361,371 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Tundaan Total

$$\begin{aligned} &= D \times Q \\ &= 361,371 \times 539 \\ &= 194598,20 \text{ det.smp} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan tundaan pada simpang empat bersinyal Demangan dapat dilihat pada Tabel 4.11 di bawah ini :

Tabel 4.11 Tundaan Kendaraan Kondisi Eksisting

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Tundaan					Tundaan Rata – rata Simpang (det/smp)	Tingkat Pelayanan Simpang
			Tundaan Lalulintas Rata-Rata (DT)	Tundaan Geometrik Rata-Rata (DG)	Tundaan Rata-Rata (D)	Tundaan Total (smp.det)			
07.00 s/d 08.00	U	P	357,769	3,602	361,371	194598,20	122,44	F	
	S	P	48,397	3,844	52,241	21889,09			
	S-RT	P	19,144	4,696	23,840	18805,01			
	T	P	120,395	5,617	126,012	276419,83			

D. Pembahasan

Hasil analisis data yang mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 bahwa pada kondisi eksisting menunjukkan kinerja simpang empat bersinyal Demangan menunjukkan hasil yang tidak memenuhi persyaratan pada rumus peraturan MKJI 1997. Kapasitas jalan yang terlalu kecil dan tidak sebanding dengan volume arus kendaraan sehingga menyebabkan meningkatnya derajat kejenuhan, menambah panjang antrian dan tundaan.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada kondisi eksisting nilai derajat kejenuhan tinggi ($DS \geq 0,85$), untuk menhurangi atau meminimalisir nilai derajat kejenuhan, tundaan, dan meningkatkan tingkat pelayanan maka dibutuhkan beberapa alternatif solusi, antara lain :

1. Alternatif 1 (Perancangan Ulang Waktu Siklus)
2. Alternatif 2 (Penambahan Lebar Efektif dan Perancangan Ulang Waktu Siklus)

1. Alternatif 1 (Perancangan Ulang Waktu Siklus)

Pada alternatif 1 dilakukan Perancangan Ulang Waktu Siklus, nilai Waktu Hijau (g) dan Waktu siklus yang disesuaikan (c) tidak menggunakan nilai pada kondisi eksisting akan tetapi dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\text{Waktu Hijau (g)} = (C_{ua} - LTI) \times PR$$

$$\text{Waktu siklus yang disesuaikan (c)} = \sum g + LTI$$

waktu hijau (g) untuk lengan utara menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (199,52 - 17) \times 0,336 \\ &= 61 \text{ detik} \end{aligned}$$

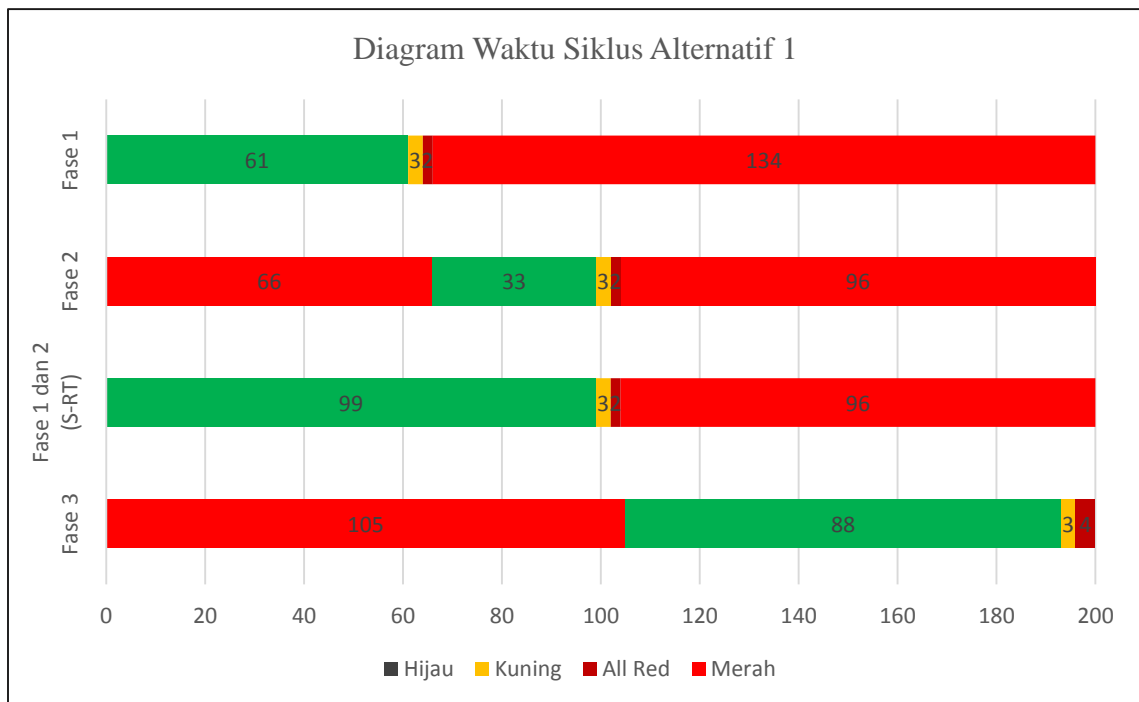
Waktu siklus yang disesuaikan (c) dalam perancangan ulang jam puncak menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} c &= \sum g + LTI \\ &= 188 + 17 \\ &= 200 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dengan persamaan diatas didapat waktu hijau dan waktu siklus yang disesuaikan dalam Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Perancangan Ulang Waktu Siklus dan Hijau Alternatif 1

Sinyal	Lengan	Tipe pendekat	Waktu (detik)			
			Merah	Hijau	Kuning	All red
Fase 1	Utara	Terlindung (P)	134	61	3	2
	Selatan (Kanan)	Terlindung (P)	134	66	0	0
Fase 2	Selatan (Kiri)	Terlindung (P)	162	33	3	2
	Selatan (Kanan)	Terlindung (P)				
Fase 3	Timur	Terlindung (P)	105	88	3	4
Waktu siklus (detik)		200				



Gambar 4.6 Diagram Waktu Siklus Simpang Empat Bersinyal Demangan Setelah Dilakukan Perencanaan Ulang Pada Alternatif 1

a. Arus Jenuh (S)

Nilai arus jenuh (S) setelah penambahan waktu hijau pada simpang empat bersinyal Demangan disajikan dalam Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Nilai Arus Jenuh Alternatif 1

Periode Waktu	Kode Pendekat	Faktor Penyesuaian						Arus Jenuh Dasar (So) (smp/jam)	Arus Jenuh (S) (smp/jam)
		F _{CS}	F _{SF}	F _G	F _P	F _{RT}	F _{LT}		
07.00 s/d 08.00	U	1,05	0,925	1	1	1,000	1,00	1950	1893,94
	S	1,05	0,926	1	1	1,000	0,98	2820	2696,09
	S - RT	1,05	0,928	1	1	1,000	1,00	2820	2747,81
	T	1,05	0,929	1	1	1,000	1,00	5520	5384,48

b. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

1) Kapasitas (C)

Besarnya nilai kapasitas (C) tergantung pada arus jenuh dan rasio waktu hijau pada masing – masing pendekat.

Pada alternatif 1 dilakukan analisis ulang dengan menggunakan waktu siklus dan waktu hijau yang baru sehingga didapatkan hasil kapasitas seperti pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Kapasitas Simpang Alternatif 1

Periode Waktu	Kode Pendekat	Arus Jenuh (S) (Smp/jam)	Arus Lalulintas (Q) (Smp/jam)	Rasio Arus (FR)	Rasio Fase (PR)	Waktu Hijau (g) (Detik)	Waktu Siklus yang Disesuaikan (c) (Detik)	Kapasitas (Smp/jam)
07.00 s/d 08.00	U	1893,94	539	0,284	0,336	61	200	582
	S	2696,09	419	0,155	0,183	33		452
	S-RT	2747,81	789	0,287		99		1363
	T	5384,48	2194	0,407	0,481	88		2369
IFR				0,847				

2) Derajat Kejenuhan (DS)

Nilai derajat kejenuhan (DS) dalam alternatif 1 dengan penambahan waktu siklus didapatkan hasil pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Derajat Kejenuhan (DS) Alternatif 1

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Arus Lalulintas (Q)	Kapasitas (Smp/jam)	Derajat Jenuh
07.00 s/d 08.00	U	P	539	582	0,926
	S	P	419	452	0,926
	S-RT	P	789	1363	0,579
	T	P	2194	2369	0,926

c. Panjang Antrian (QL)

Pajang antrian untuk alternatif 1 disajikan pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.16 Panjang Antrian Alternatif 1

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Jumlah Smp yang Tersisa dari Fase Hijau (NQ_1)	Jumlah Smp yang Datang Selama Fase Merah (NQ_2)	NQ_{TOTAL}	NQ_{MAX}	Panjang Antrian (QL) (m)
07.00 s/d 08.00	U	P	4,72	28,90	33,61	28	86
	S	P	4,53	22,88	21,41	24	102
	S-RT	P	0,19	30,89	31,08	25	106
	T	P	5,42	114,90	114,90	89	193

d. Kendaraan Henti (NS)

Untuk hasil perhitungan Kendaraan Henti (NS) alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 4.17 di bawah ini :

Tabel 4.17 Kendaraan Henti (NS) Alternatif 1

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Angka Henti (NS) (smp)	Jumlah Kendaraan Henti (N_{sv})
07.00 s/d 08.00	U	P	1,014	546
	S	P	1,062	445
	S-RT	P	0,640	505
	T	P	0,891	1954
NS_{TOT}				0,82

e. Tundaan

Untuk hasil perhitungan tundaan pada simpang empat bersinyal Demangan dengan alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 4.18 di bawah ini :

Tabel 4.18 Tundaan Kendaraan Alternatif 1

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tundaan					Tingkat Pelayanan Simpang
		Tundaan Lalulintas Rata-Rata (DT)	Tundaan Geometrik Rata-Rata (DG)	Tundaan Rata-Rata (D)	Tundaan Total (smp.det)	Tundaan Rata – rata Simpang (det/smp)	
07.00 s/d 08.00	U	96,173	3,998	100,171	53941,87	66,90	F
	S	117,858	4,250	122,107	51163,02		
	S-RT	36.008	4,720	40,728	32126,22		
	T	61,047	3,738	64,785	142113,41		

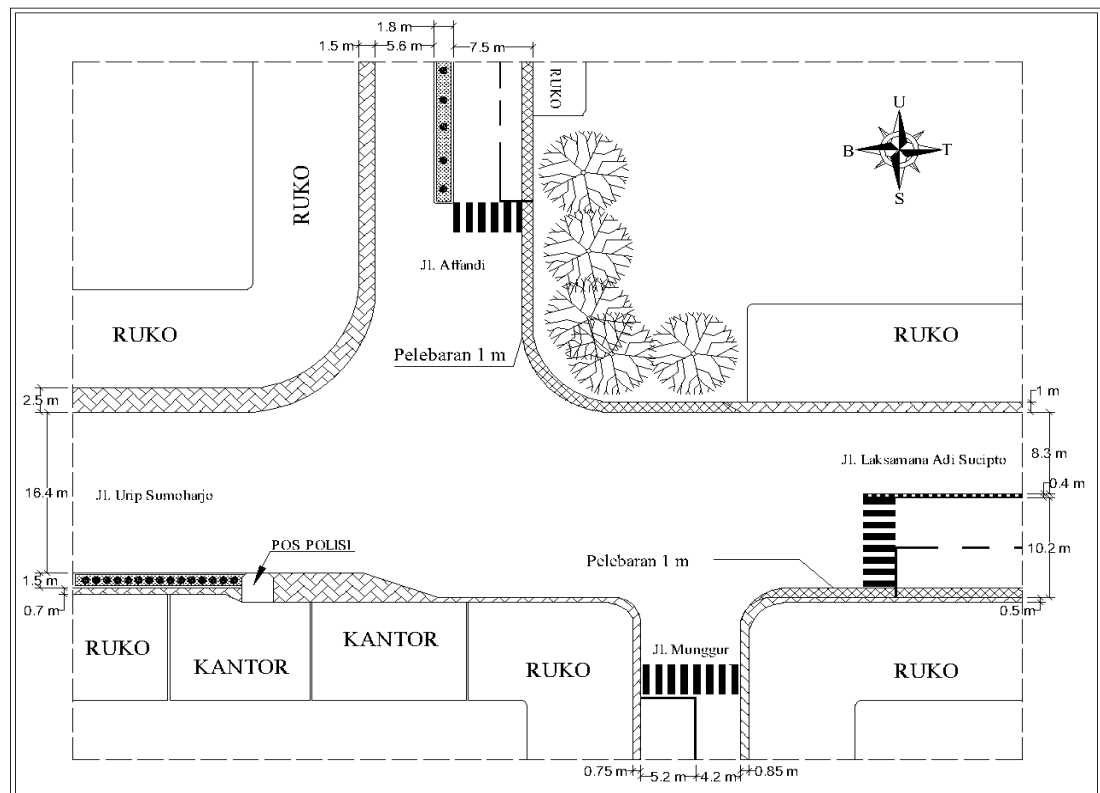
Berdasarkan perhitungan alternatif I dengan perancangan ulang waktu siklus dengan menambah waktu hijau disetiap lengan, didapatkan nilai waktu siklus sebesar 200 detik, dengan waktu hijau (g) pada fase 1 (Lengan Utara dan Selatan belok kanan) – 61 detik, fase 2 (Lengan Selatan) – 33 detik, dan fase 3 (Lengan Timur) – 88 detik. Alternatif I didapatkan nilai DS untuk lengan Utara dan Timur lebih rendah dari analisis kondisi eksisting sedangkan lengan Selatan, mengalami kenaikan, dan untuk nilai tundaan rata-rata (D) pada simpang menurun.

2. Alternatif 2 (Penambahan Lebar Efektif dan Perancangan Ulang Waktu Siklus)

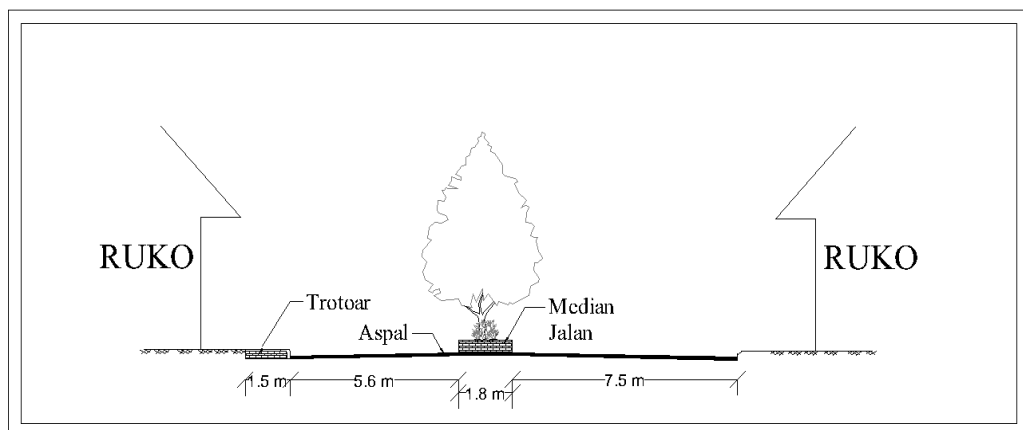
Pada alternatif 2 dilakukan Penambahan Lebar efektif pada lengan Utara, Timur dan Selatan Kiri serta dilakukan kembali Perancangan Ulang Waktu Siklus, adapun lebar efektif pada lengan Utara dengan menambah 1 m, untuk lebar efektif lengan Timur sebesar 1 m, sedangkan untuk lengan Selatan lebar efektif Selatan kiri sebesar 0,5 m dengan mengurangi lebar efektif Selatan kanan sebesar 0,5. Seperti pada alternatif 1, nilai Waktu Hijau (g) dan Waktu siklus yang disesuaikan (c) tidak menggunakan nilai pada kondisi eksisting akan tetapi dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\text{Waktu Hijau (g)} = (C_{ua} - LTI) \times PR$$

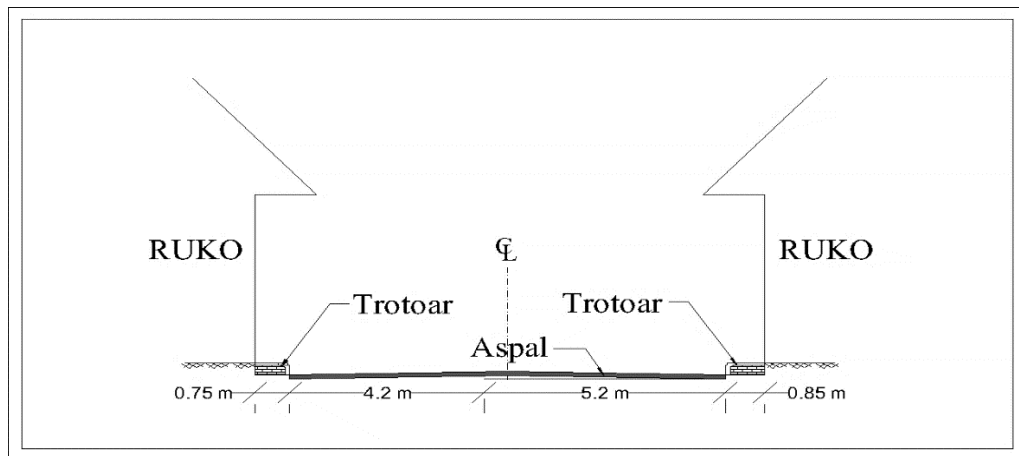
$$\text{Waktu siklus yang disesuaikan (c)} = \sum g + LTI$$



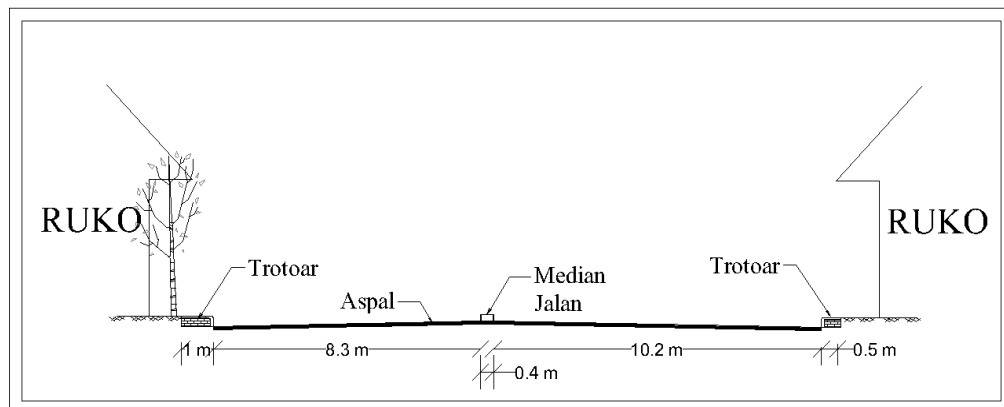
Gambar 4.7 Kondisi Geometrik Simpang Empat Bersinyal Demangan Setelah Dilakukan Pelebaran



Gambar 4.8 Potongan Melintang Lengan Utara Alternatif 2



Gambar 4.9 Potongan Melintang Lengan Selatan Alternatif 2



Gambar 4.10 Potongan Melintang Lengan Timur Alternatif 2

Tabel 4.19 Data Geometrik Simpang Empat Bersinyal Demangan Alternatif 2

Nama Jalan	Pendekat (m)			
	Lebar Pendekat	Lebar Masuk	Lebar Keluar	Lebar LTOR
Jl. Affandi (U)	7,5	4,5	16,4	3
Jl. Munggur (S) (Kiri)	5,2	5,2	5,6	0
Jl. Munggur (S) (Kanan)	4,2	4,2	8,3	0
Jl. Laksada Adisucipto (T)	10,2	10,2	16,4	0

waktu hijau (g) untuk lengan utara menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (106,37 - 17) \times 0,205 \\ &= 26 \text{ detik} \end{aligned}$$

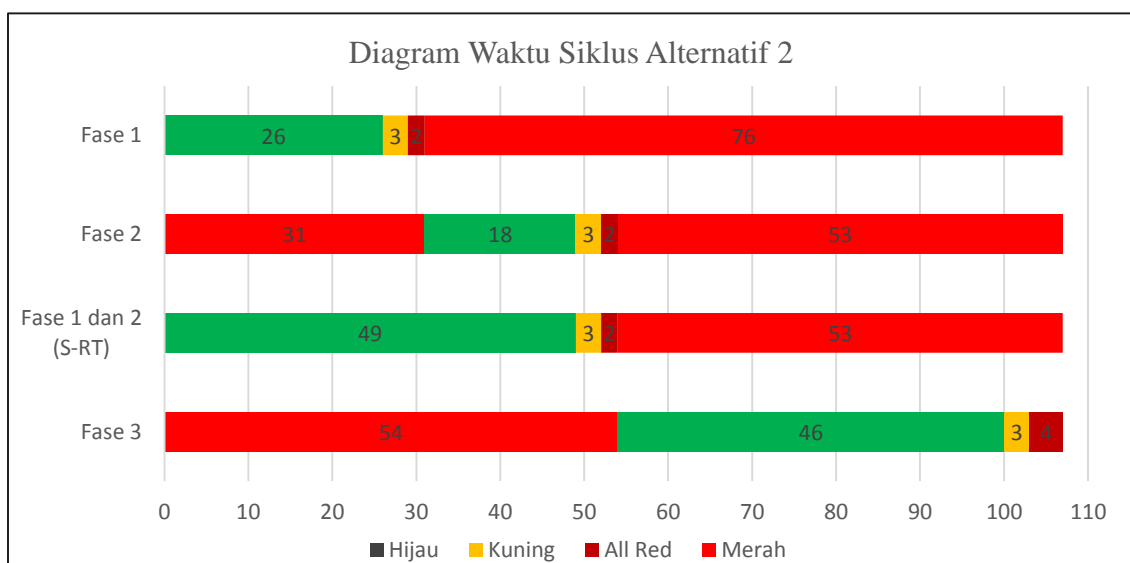
Waktu siklus yang disesuaikan (c) dalam perancangan ulang jam puncak menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} c &= \sum g + LTI \\ &= 90 + 17 \\ &= 107 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dengan persamaan diatas didapat waktu hijau dan waktu siklus yang disesuaikan dalam Tabel 4.20 berikut.

Tabel 4.20 Perancangan Ulang Waktu Siklus dan Hijau Alternatif 2

Sinyal	Lengan	Tipe Pendekat	Waktu (detik)			
			Merah	Hijau	Kuning	All red
Fase 1	Utara	Terlindung (P)	76	26	3	2
	Selatan (Kanan)	Terlindung (P)	76	31	0	0
Fase 2	Selatan (Kiri)	Terlindung (P)	84	18	3	2
	Selatan (Kanan)	Terlindung (P)				
Fase 3	Timur	Terlindung (P)	54	46	3	4
Waktu siklus (detik)		107				



Gambar 4.11 Diagram Waktu Siklus Simpang Empat Bersinyal Demangan Setelah Dilakukan Perencanaan Ulang Pada Alternatif 2

a. Arus Jenuh (S)

Nilai arus jenuh (S) setelah dilakukan pelebaran pada lengan Utara dan Timur serta penambahan waktu hijau pada simpang empat bersinyal Demangan disajikan dalam tabel 4.21 berikut.

Tabel 4.21 Nilai Arus Jenuh Alternatif 2

Periode Waktu	Kode Pendekat	Faktor Penyesuaian						Arus Jenuh Dasar (So) (smp/jam)	Arus Jenuh (S) (smp/jam)
		F _{CS}	F _{SF}	F _G	F _P	F _{RT}	F _{LT}		
07.00 s/d 08.00	U	1,05	0,925	1	1	1,000	1,00	2430	2622,38
	S	1,05	0,926	1	1	1,000	0,98	3120	2982,91
	S - RT	1,05	0,928	1	1	1,000	1,00	2520	2455,49
	T	1,05	0,929	1	1	1,000	1,00	6000	5669,75

b. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

1. Kapasitas (C)

Besarnya nilai kapasitas (C) tergantung pada arus jenuh dan rasio waktu hijau pada masing – masing pendekat.

Pada alternatif 2 dilakukan analisis ulang dengan penambahan lebar efektif pada lengan utara dan timur dan menggunakan waktu siklus dan waktu hijau yang baru sehingga didapatkan hasil kapasitas seperti pada Tabel 4.22 berikut.

Tabel 4.22 Kapasitas Simpang Alternatif 2

Periode Waktu	Kode Pendekat	Arus jenuh (S) (Smp/jam)	Arus Lalulintas (Q) (Smp/jam)	Rasio Arus (FR)	Rasio Fase (PR)	Waktu Hijau (g) (Detik)	Waktu Siklus yang Disesuaikan (c) (Detik)	Kapasitas (Smp/jam)
07.00 s/d 08.00	U	2622,38	539	0,205	0,288	26	107	631
	S	2982,91	419	0,140	0,197	18		491
	S-RT	2455,49	789	0,321		49		1124
	D	5969,75	2194	0,367	0,515	46		2569
IFR				0,713				

2. Derajat Kejenuhan (*DS*)

Nilai derajat kejenuhan (*DS*) dalam alternatif 2 dengan penambahan lebar efektif pada lengan utara dan timur dan menggunakan waktu siklus dan waktu hijau yang baru didapatkan hasil pada Tabel 4.23 berikut.

Tabel 4.23 Derajat Kejenuhan (*DS*) Alternatif 2

Periode Waktu	kode Pendekat	Tipe Pendekat	Arus Lalulintas (<i>Q</i>)	Kapasitas (Smp/jam)	Derajat Jenuh
07.00 s/d 08.00	U	P	539	631	0,854
	S	P	419	491	0,854
	S-RT	P	789	1124	0,701
	T	P	2194	2569	0,854

c. Panjang Antrian (*QL*)

Panjang antrian untuk alternatif 2 disajikan pada Tabel 4.24 berikut.

Tabel 4.24 Panjang Antrian Alternatif 2

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Jumlah Smp yang Tersisa dari Fase Hijau (NQ_1)	Jumlah Smp yang Datang Selama Fase Merah (NQ_2)	NQ_{TOTAL}	NQ_{MAX}	Panjang Antrian (<i>QL</i>) (m)
07.00 s/d 08.00	U	P	2,31	15,30	17,61	16	71
	S	P	2,28	12,11	14,38	14	54
	S-RT	P	0,67	18,72	19,40	17	81
	T	P	2,39	58,72	61,12	48	94

d. Kendaraan Henti (*NS*)

Untuk hasil perhitungan Kendaraan Henti (*NS*) alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 4.25 di bawah ini :

Tabel 4.25 Kendaraan Henti (NS) Alternatif 2

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Angka Henti (NS) (smp)	Jumlah Kendaraan Henti (N_{sv})
07.00 s/d 08.00	U	P	0,990	533
	S	P	1,040	436
	S-RT	P	0,745	587
	T	P	0,844	1851
NS_{Tot}				0,81

e. Tundaan

Untuk hasil perhitungan tundaan pada simpang empat bersinyal Demangan dengan alternatif 1 dapat dilihat pada Tabel 4.26 di bawah ini :

Tabel 4.26 Tundaan Kendaraan Alternatif 2

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tundaan					Tingkat Pelayanan Simpang
		Tundaan Lalulintas Rata-Rata (DT)	Tundaan Geometrik Rata-Rata (DG)	Tundaan Rata-Rata (D)	Tundaan Total (smp.det)	Tundaan Rata – rata Simpang (det/smp)	
07.00 s/d 08.00	U	52,061	4,002	56,081	30156,77	37,62	D
	S	60,171	4,158	64,329	26953,99		
	S-RT	25,312	4,511	29,822	23523,94		
	T	30,806	3,626	34,431	75528,87		

Berdasarkan perhitungan alternatif 2 dengan penambahan lebar efektif pada pendekat Utara sebesar 1 m, lengan Timur 1 m, lengan Selatan kiri sebesar 0,5 m dengan mengurangi lebar efektif Selatan kanan sebesar 0,5 serta perancangan ulang waktu siklus dengan menambah waktu hijau disetiap lengan, didapatkan nilai waktu siklus sebesar 107 detik, dengan waktu hijau (g) pada fase 1 (Lengan Utara dan Selatan belok kanan) – 26 detik, fase 2 (Lengan Selatan) – 18 detik,

dan fase 3 (Lengan Timur) – 46 detik. Alternatif 2 didapatkan nilai DS untuk lengan Utara dan Timur lebih rendah dari analisis kondisi eksisting dan alternatif 1, sedangkan lengan Selatan mengalami kenaikan dan untuk nilai tundaan rata-rata (D) pada simpang menurun baik dari kondisi eksisting maupun dari alternatif 1.

Hasil perbandingan antara kondisi eksisteng dengan alternatif 1 dan alternatif 2 dirangkum dalam Tabel 4.27 berikut.

Tabel 4.27 Perbandingan Hasil Analisis Kondisi Eksistig, Alternatif 1 dan Alternatif 2

No.	Analisis	Kode Pendekat	Q (smp/jam)	C (smp/jam)	DS	Antrian (m)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tundaan Simpang Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan Simpang
1.	Kondisi Eksisting	U	539	464	1,160	277	361,371	122,44	F
		S	419	529	0,793	60	52,241		
		S-RT	789	1347	0,586	68	23,840		
		T	2194	2112	1,039	170	126,012		
2.	Alternatif 1 (Perancangan Ulang Waktu Siklus)	U	539	582	0,926	172	100,171	67,01	F
		S	419	452	0,926	77	122,107		
		S-RT	789	1363	0,579	85	40,728		
		T	2194	2369	0,926	191	64,785		
3.	Alternatif 2 (Penambahan Lebar Efektif dan Perancangan Ulang Waktu Siklus)	U	539	631	0,854	71	56,081	37,62	D
		S	419	491	0,854	54	64,329		
		S-RT	789	1124	0,701	81	30,551		
		T	2194	2569	0,854	94	34,431		

Berdasarkan tabel perbandingan antara kondisi eksisting, alternatif 1 dengan solusi perancangan ulang waktu siklus dan alternatif 2 dengan solusi penambahan lebar efektif serta perancangan ulang waktu siklus, didapat solusi terbaik yang dapat dilakukan yaitu salah satunya dengan dilakukan pelebaran perkerasan pada lengan utara dan timur serta dilakukan kembali perancangan ulang waktu siklus, karena memiliki nilai Derajat Kejenuhan (DS) dan Tundaan lebih baik dari kondisi eksisting.