

NASKAH SEMINAR TUGAS AKHIR
ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS : SIMPANG EMPAT BERSINYAL DEMANGAN)

Afdhol Saputra¹, Wahyu Widodo², Muchlisin³

ABSTRAK

Simpang sebagai titik pertemuan beberapa ruas jalan yang berbeda dan terjadinya pertemuan kendaraan sehingga terjadinya konflik – konflik lalu lintas. Konflik lalu lintas dengan volume yang tinggi dapat mengakibatkan terjadinya tundaan yang tinggi pada ruas jalan simpang yang memiliki kapasitas yang tidak sebanding dengan volume yang tinggi tersebut. Gambaran diatas merupakan salah satu permasalahan yang terjadi pada simpang empat bersinyal Demangan, kondisi ruas jalan yang merupakan wilayah komersial mengakibatkan terjadinya pergerakan volume yang tinggi pada simpang tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja simpang eksisting dan menganalisis alternatif pemecahan masalah yang tepat dengan mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini menunjukkan kondisi eksisting pada jam puncak (07.00 – 08.00) didapat rasio antara kapasitas dengan volume (DS) masing – masing lengan sebesar 1,160 untuk lengan Utara, 0,793 untuk lengan Selatan Kiri, 0,586 untuk lengan Selatan Kanan, dan 1,039 untuk lengan Timur, tundaan rata - rata simpang sebesar 112,44 det/smp dengan tingkat pelayanan F (buruk sekali). Dengan hasil kondisi eksisting tersebut terdapat 2 alternatif perbaikan yang digunakan dalam penelitian yaitu alternatif 1 - perancangan ulang waktu siklus dengan hasil analisis nilai derajat kejenuhan sebesar 0,926 untuk lengan Utara, Selatan Kiri dan Timur, dan 0,579 untuk Selatan Kanan. Dengan tundaan rata - rata simpang sebesar 67,01 det/smp. 2 - perancangan ulang waktu siklus serta penambahan lebar efektif pada lengan utara, Selatan Kiri dan Timur, dengan hasil analisis nilai derajat kejenuhan sebesar 0,854 dan 0,701 untuk Selatan Kanan. Dengan tundaan rata - rata simpang sebesar 37,62 det/smp. Dengan perbandingan hasil analisis kedua alternatif solusi tersebut didapat bahwa alternatif 2 merupakan alternatif solusi yang terbaik.

Kata kunci : Antrian, Kinerja, Simpang Bersinyal, Tundaan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Simpang merupakan titik bertemunya arus kendaraan dari beberapa ruas jalan yang berbeda, simpang berfungsi sebagai tempat kendaraan melakukan perubahan arah pergerakan lalu lintas. Tingkat pergerakan yang beragam dari berbagai jenis kendaraan akan mengakibatkan antrian yang cukup besar sehingga waktu dan biaya perjalanan akan menjadi lebih tinggi.

Kota Yogyakarta merupakan salah satu wilayah di Yogyakarta yang menjadi tujuan masyarakat dalam kesehariannya, tujuan atau tarikan perjalanan tersebut menyebabkan sebuah pergerakan lalu lintas sehingga meningkatnya arus lalu lintas diruas jalan perkotaan, hal ini tentunya berdampak pada persimpangan yang merupakan pertemuan antara ruas – ruas jalan tersebut.

Simpang empat bersinyal Demangan merupakan salah satu simpang tersibuk di Yogyakarta, hal ini dilihat dari fungsi lahan yang terdapat diruas jalan di simpang tersebut, kondisi lingkungan disekitar simpang yang merupakan wilayah komersial, karena terdapat pertokoan, hotel, pusat perbelanjaan, gedung bioskop, dan juga pasar.

Berdasarkan potensial gambaran permasalahan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa konflik arus lalu lintas di simpang empat bersinyal Demangan cukup besar sehingga perlu dilakukan evaluasi lalu lintas pada simpang tersebut.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kinerja simpang empat bersinyal

¹ Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UMY, NIM 20120110222

² Dosen Pembimbing 1

³ Dosen Pembimbing 2

Demangan Yogyakarta.

2. Mengevaluasi kinerja simpang empat bersinyal Demangan Yogyakarta.
3. Memberikan alternatif solusi serta rekomendasi terbaik untuk menyelesaikan masalah yang ada pada simpang empat bersinyal Demangan Yogyakarta.

Manfaat Penelitian

1. Memberikan sebuah rekomendasi sebagai evaluasi kinerja simpang empat bersinyal Demangan agar memberikan kenyamanan dan keselamatan bagi pengguna jalan.
2. Memberikan masukan kepada instansi terkait dalam upaya menyusun strategi manajemen lalulintas guna memberikan tingkat pelayanan yang baik pada persimpangan.

Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan dengan mengambil lokasi studi Simpang Empat Bersinyal Demangan Yogyakarta.
2. Kendaraan yang ditinjau adalah kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV), sepeda motor (MC), dan kendaraan tak bermotor (UM).
3. Perhitungan lalulintas dilakukan pada hari senin (mewakili hari kerja), dari jam 06.00-22.00 WIB.

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

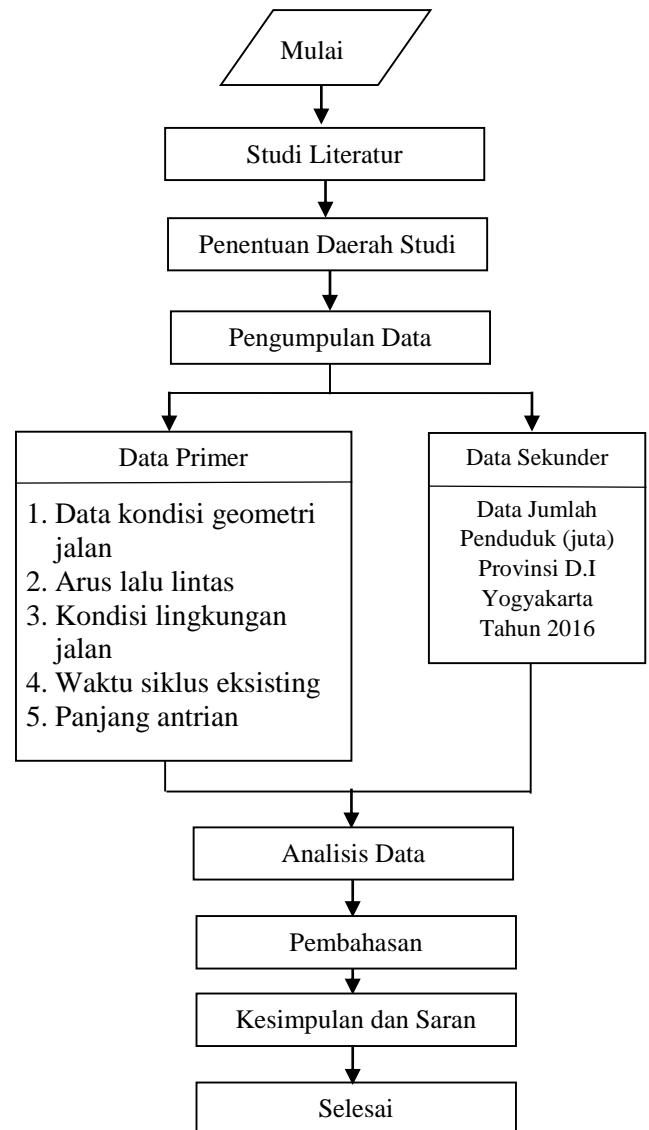
Transportasi adalah untuk menggerakkan atau memindahkan orang dan/atau barang dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan sistem tertentu untuk tujuan tertentu (Morlok, 1995).

Simpang bersinyal (*signalized intersection*) yaitu pemakai jalan dapat melewati simpang sesuai dengan pengoperasian sinyal lalulintas (Morlock, 1995).

MOTODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian secara sistematis dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Penentuan Daerah Studi

Penelitian ini terletak di simpangan bersinyal Demangan (Jl. Jl. Laksada Adisucipto - Jl. Urip Sumoharjo - Jl. Munggur - Jl. Affandi) Yogyakarta.



Gambar 2 Lokasi Penelitian

Pengambilan Data

1. Data Primer
 - a. Observasi Lapangan
 - b. Pengkoordinasian Surveyor
 - c. Pelaksanaan Penelitian
 - Geometri simpang
 - Pencacahan volume kendaraan
2. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder diperoleh dari instansi terkait dengan perencanaan suatu simpang. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah jumlah penduduk dari Badan Pusat Statistik (BPS) provinsi D.I.Yogyakarta tahun 2016.

Proses Analisis Data

Perhitungan arus lalu lintas

Dalam perhitungan arus lalu lintas dilakukan per satuan jam dalam satu atau lebih periode yaitu sesuai dengan kondisi lalu lintas yang ada berdasarkan pada arus lalu lintas rencana pada jam puncak.

$$Q = \{(Q_{LV} \times emp_{LV}) + (Q_{HV} \times emp_{HV}) + (Q_{MC} + emc_{MC})\} \quad (1)$$

Dimana :

Q = Arus kendaraan total

$Q_{LV, HV, MC}$ = Arus kendaraan untuk masing-masing tipe

$emp_{LV, HV, MC}$ = Nilai emp untuk tiap-tiap kendaraan

Tabel 1. Klasifikasi kendaraan

No	Klasifikasi	Jenis Kendaraan
1	<i>Light Vehicle (LV)</i>	Sedan, jeep, oplet, microbus, pick up
2	<i>Heavy Vehicle (HV)</i>	Bus standar, bus besar, truk sedang, truk berat
3	<i>Motor Cycle (MC)</i>	Sepeda motor dan sejenisnya
4	<i>Unmotorised Vehicle (UM)</i>	Becak, sepeda, andong, dan sejenisnya

Sumber : MKJI, 1995

Tabel 2. Nilai ekivalen mobil penumpang (emp)

Jenis Kendaraan	emp untuk tiap-tiap tipe kendaraan	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Perhitungan penilaian arus jenuh (S)

Yang dimaksud dengan arus jenuh adalah hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0) untuk keadaan ideal dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dalam satuan smp/jam hijau. Perhitungan ini dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (2)$$

dengan :

S_0 = arus jenuh dasar

F_{CS} = faktor koreksi ukuran kota

F_{CS} = faktor koreksi gangguan samping

F_G = faktor koreksi kelandaian

F_P = faktor koreksi parkir

F_{RT} = faktor koreksi belok kanan

F_{LT} = faktor koreksi belok kiri

Perhitungan waktu siklus dan waktu hijau

Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) adalah waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal. Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan berdasarkan metode Webster (1996) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Pertama-tama ditentukan waktu siklus (c), selanjutnya waktu hijau (g), pada masing-masing fase.

Penentuan waktu siklus dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_{ua} = \frac{(1,5 \times LTI + 5)}{(1 - IFR)} \quad (3)$$

dengan :

C_{ua} = waktu siklus sinyal (detik)

LTI= total waktu hilang persiklus (detik)

IFR= perbandingan arus simpang $\sum FR_{CRIT}$

Penentuan waktu hijau dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR_i \quad (4)$$

dengan :

g_i = waktu hijau dalam fase - i (detik)

PR_i = perbandingan fase $FR_{CRIT} \div \sum (FR_{CRIT})$

Penentuan Waktu siklus yang disesuaikan:

$$C = \sum g + LTI \quad (5)$$

Perhitungan kapasitas

Kapasitas adalah jumlah maksimum arus kendaraan yang dapat melewati persimpangan jalan (*interseccion*). Kapasitas untuk tiap lengan simpang dihitung dengan formula dibawah ini:

$$C = S \times g/c \quad (6)$$

dengan:

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus yang ditentukan (detik)

Perhitungsn derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) dedefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam menentukan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

Dari perhitungan kapasitas dapat dicari nilai derajat jenuh dengan rumus dibawah ini:

$$DS = Q/C \quad (7)$$

dengan :

DS = derajat jenuh

Q = arus lalulintas (smp/jam)

C = kapasitas (smp/jam)

Perhitungan panjang antrian

Dalam MKJI 1997, antrian yang terjadi pada suatu pendekat adalah jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) yang merupakan jumlah antrian tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ₁).

Untuk $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \right. \quad (8)$$

$$\left. \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right]$$

Untuk $DS \leq 0,5$ atau $DS = 0,5$; $NQ_1 = 0$

dengan:

NQ_1 = jumlah smp yang tesisa dari fase hijau sebelumnya

DS = derajat jenuh

GR = rasio hijau

C = kapasitas (smp/jam) = S x GR

Kemudian dihitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ₂), dengan formula berikut.

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times ds} \times \frac{Q}{3600} \quad (9)$$

dengan:

NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah

Q = volume lalulintas yang masuk di luar LTOR (smp/detik)

C = waktu siklus (detik)

DS = derajat jenuh

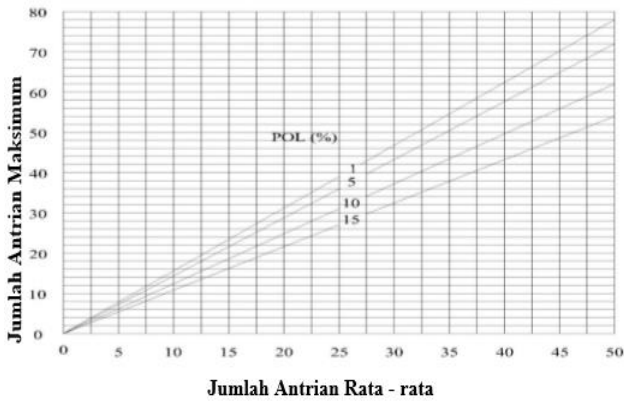
GR = rasio hijau (detik)

Untuk menghitung jumlah antrian total dengan menjumlahkan kedua hasil diatas.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (10)$$

Perhitungan panjang antrian (QL) didapat dari perkalian antara NQ_{MAX} dengan rata-rata area yang ditempati tiap smp (20 m²) dan dibagi lebar *entry* (W_{ENTRY}) yang dirumuskan dibawah ini.

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{entry}} \quad (11)$$



Gambar 3. Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{max}) dalam smp

(Sumber : (MKJI), 1997)

Perhitungan tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui simpang. Perhitungan tundaan berdasarkan MKJI (1997) dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut:

- Perhitungan tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \quad (12)$$

dengan :

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

c = waktu siklus yang disesuaikan (det)

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times ds)} \quad (13)$$

dengan :

GR = rasio hijau (g/c)

Ds = derajat jenuh

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = kapasitas (smp/jam)

- Tundaan geometri rata-rata masing-masing *approach* (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan

atau dihentikan oleh lampu lalu lintas dihitung berdasarkan formula berikut.

$$DG = (1 - \rho_{sv}) \times \rho_T \times 6 + (\rho_{sv} \times 4) \quad (14)$$

dengan :

DG = tundaan geometri rata-rata untuk *approach* (detik/smp)

ρ_{sv} = rasio kendaraan terhenti pada *approach*

ρ_T = rasio kendaraan berbelok pada *approach*

Tundaan rata-rata (det/smp) adalah penjumlahan dari tundaan lalu lintas rata-rata dan tundaan geometri rata-rata. Sehingga didapatkan tundaan rata-rata melalui persamaan sebagai berikut:

$$(D = DT + DG) \quad (15)$$

- Tundaan total (smp.det) adalah perkalian antara tundaan rata-rata dengan arus lalu lintas ($D \times Q$)
- Perhitungan tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_1) yaitu dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total dalam detik dengan mengalihkan tundaan rata-rata.

$$D_1 = \frac{\sum(Q \times D_j)}{Q_{tot}} \text{ (det/jam) } \quad (16)$$

Untuk mengetahui tingkat pelayanan suatu simpang dapat disimpulkan dari besarnya nilai tundaan yang terjadi. Dalam hal ini dapat dilihat sesuai dengan Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Tingkat pelayanan berdasarkan Tundaan (D)

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

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96, 2015

HASIL DAN PEMBAHASAN

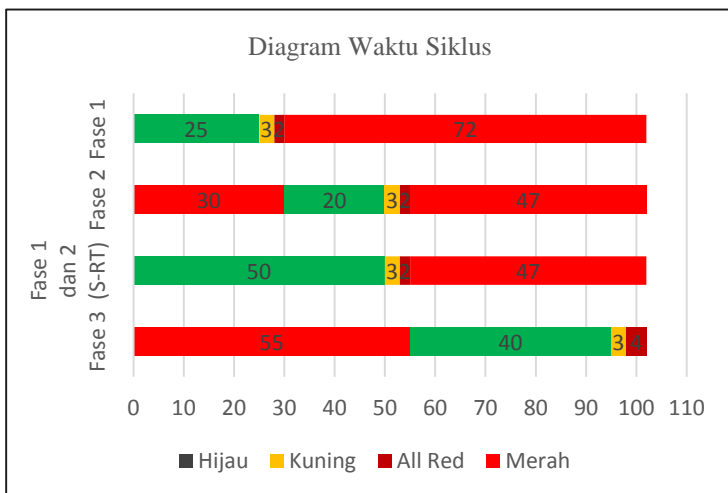
Dari hasil survei kondisi lingkungan, geometrik persimpangan dan pengaturan waktu sinyal dilakukan dengan pengamatan langsung di lokasi penelitian sebagai data masukan didapat Hasil berikut.

Tabel 4 Data lingkungan Simpang Empat Bersinyal Demangan

Nama Jalan	Kondisi Lingkungan	Hambatan Samping	Median	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 5 Data Geometrik Simpang Empat Bersinyal Demangan

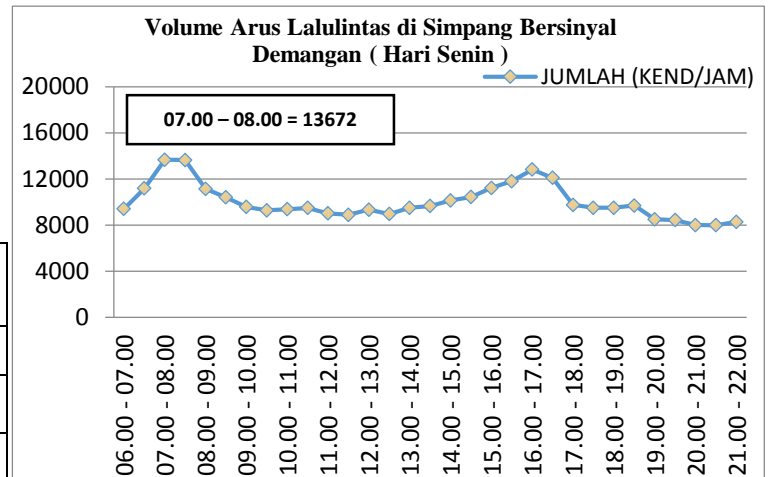
Kode Pendekat	Pendekat (m)			
	Lebar Pendekat	Lebar Masuk	Lebar Keluar	Lebar LTOR
U	6.5	3.25	16.4	3.25
S	4.7	4.7	5.6	0
S – RT	4.7	4.7	8.3	0
T	9.2	9.2	16.4	0



Gambar 4 Diagram Waktu Siklus Simpang Empat Bersinyal Demangan

Data Volume Lalulintas

Volume arus lalulintas disajikan dalam grafik berikut.



Gambar 4. Diagram Arus Lalulintas Simpang Empat Bersinyal Demangan (Senin 16 Mei 2016)

Volume lalulintas jam puncak disajikan dalam tabel berikut

Tabel 6 Data Volume Lalulintas Jam Puncak

Periode Waktu	Lengan	Arah	Volume Kendaraan (smp/jam)			
			LV	HV	MC	UM
07.00 s/d 08.00	Utara	Belok Kiri	109	13	130	12
		Belok Kanan	227	9	302	16
	Selatan	Belok Kiri	31	5	40	3
		Lurus	133	5	205	12
	Timur	Belok Kanan	399	10	379	11
		Lurus	610	18	978	5

Analisis data

Data volume lalulintas jam puncak diekivalensi dari satuan kendaraan/jam menjadi smp/jam, dengan mengalikan ekivalensi mobil penumpang.

Kapasitas

Hasil nilai kapasitas dengan persamaan 6 didapat hasil sebagai berikut

Tabel 8 Nilai Kapasitas Kondisi Eksisting

Kode pendekat	Arus jenuh (S) (Smp/jam)	Waktu hijau (g) (Detik)	Waktu Siklus (c) (Detik)	kapasitas (Smp/jam)
U	1893,94	25	102	464
S	2696,09	20		529
S-RT	2747,81	50		1347
T	5384,48	40		2112

Derajat Kejenuhan

Hasil nilai derajat kejenuhan dengan persamaan 7 didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 9 Nilai Derajat Kejenuhan Kondisi Eksisting

kode pendekat	Arus lalulintas (Q)	kapasitas (Smp/jam)	Derajat Jenuh
U	539	464	1,160
S	419	529	0,793
S-RT	789	1347	0,586
T	2194	2112	1,039

Tabel 10. Panjang Antrian Kondisi Eksisting

Kode Pendekat	NQ_{TOTAL}	NQ_{MAX}	Panjang antrian (QL) (m)
U	56,99	45	277
S	11,30	14	60
S-RT	16,19	16	68
T	115,72	78	170

Tundaan

Hasil nilai tundaan dan tingkat pelayanan simpang didapat hasil sebagai berikut.

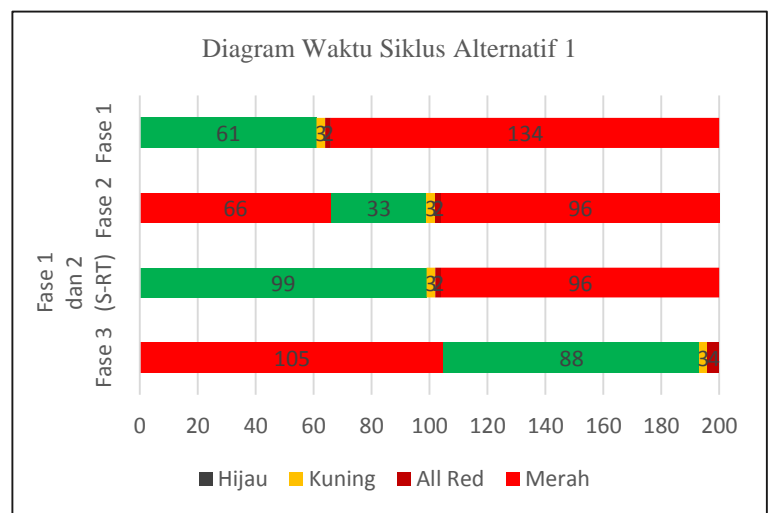
Tabel 11 Nilai Tundaan Kendaraan Kondisi Eksisting

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)	
U	357,769	3,602	361,371	194598,20	122,44	F
S	48,397	3,844	52,241	21889,09		
S-RT	19,144	4,696	23,840	18805,01		
T	49,524	4,137	53,661	276419,83		

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 :

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 4. Waktu siklus untuk alternatif 1 disajikan pada grafik berikut.



Gambar 5 Diagram Waktu Siklus Simpang Empat Bersinyal Demangan Alternatif 1

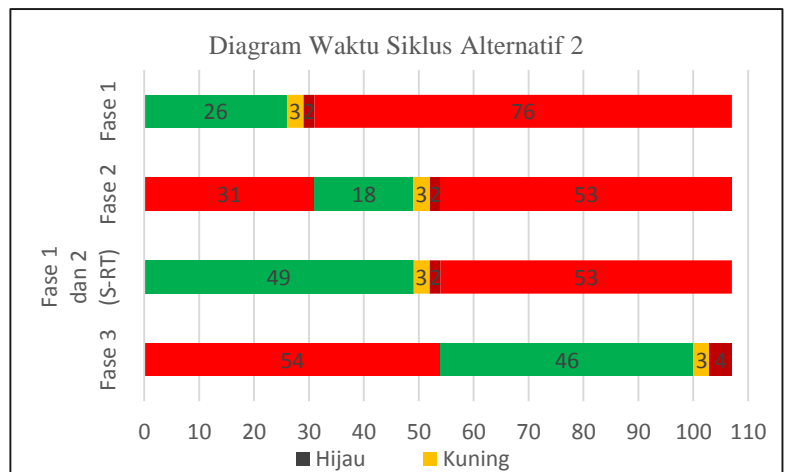
Alternatif 2

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. Data geometrik dan waktu siklus untuk alternatif 2 sebagai berikut.

Tabel 12 Data Geometrik Simpang Empat Bersinyal Demangan alternatif 2

Kode Pendekat	Pendekat (m)			
	Lebar Pendekat	Lebar Masuk	Lebar Keluar	Lebar LTOR
U	7,3	4,05	16,4	3,25
S	5,2	5,2	5,6	0
S – RT	4,2	4,2	8,3	0
T	10	10	16,4	0



Gambar 6 Diagram Waktu Siklus Simpang Empat Bersinyal Demangan Alternatif 2

Perbandingan hasil analisis antara kondisi eksisting dengan kedua alternative disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 13 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	U	539	582	0,926	172	100,171	67,01	F
		S	419	452	0,926	77	122,107		
		S-RT	789	1374	0,574	85	40,728		
		T	2194	2369	0,926	191	64,785		
2.	Alternatif 2	U	539	621	0,854	71	56,081	37,62	D
		S	419	483	0,584	54	64,329		
		S-RT	789	1147	0,701	81	30,551		
		T	2194	2594	0,854	94	34,431		

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dalam perhitungan analisis kinerja simpang empat bersinyal Demangan pada kondisi eksisting didapat hasil sebagai berikut :
 - a. Nilai kapasitas pada lengan Utara sebesar 464 smp/jam, lengan Selatan Kiri sebesar 529 smp/jam, Selatan Kanan sebesar 1347, dan Timur sebesar 2112 smp/jam.
 - b. Derajat kejenuhan (DS) merupakan rasio perbandingan antara kapasitas dengan arus lalulintas sehingga didapat hasil untuk lengan Utara sebesar 1,160, lengan Selatan Kiri sebesar 0,793, Selatan Kanan sebesar 0,586, dan Timur sebesar 1,039. Nilai derajat kejenuhan (DS) yang tinggi ($DS \geq 0,85$) menunjukkan bahwa rasio antara volume dan kapasitas yang tidak seimbang sehingga perlu adanya perbaikan.
 - c. Panjang Antrian pada lengan Utara sebesar 138 m, lengan Selatan Kiri sebesar 60 m, lengan Selatan Kanan sebesar 68 m, dan lengan Timur Sebesar 170 m.
 - d. Tundaan Rata - Rata yang terjadi pada lengan Utara sebesar 361,371 det/smp, lengan Selatan Kiri 52,241 det/smp, lengan Selatan Kanan 23,840 det/smp, dan Timur 126,021 det/smp. Tundaan rata – rata simpang diperoleh sebesar 112,44 det/smp, sehingga didapat tingkat pelayanan simpang bernilai F (Buruk sekali).
2. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan perlu dilakukannya evaluasi atau perbaikan untuk mengurangi serta meminimalisir nilai derajat kejenuhan, tundaan, dan meningkatkan tingkat pelayanan pada simpang empat bersinyal Demangan. Beberapa alternatif solusi yang dapat dilakukan yaitu :
 1. Alternatif 1 yaitu perancangan ulang waktu siklus sehingga didapat waktu hijau untuk fase 1 (Lengan Utara dan Selatan belok kanan) – 61

detik, fase 2 (Lengan Selatan) – 33 detik, dan fase 3 (Lengan Timur) – 88 detik, dengan waktu siklus sebesar 200 detik.

2. Alternatif 2 yaitu Perancangan ulang waktu siklus serta penambahan lebar efektif sebesar 1 m untuk lengan Utara dan Timur, sedangkan untuk Selatan kiri sebesar 0,5 m dengan mengurangi lebar efektif Selatan kanan sebesar 0,5 m. pada perancangan ulang waktu siklus didapat waktu hijau untuk fase 1 (Lengan Utara dan Selatan belok kanan) – 26 detik, fase 2 (Lengan Selatan) – 18 detik, dan fase 3 (Lengan Timur) – 46 detik, dengan waktu siklus sebesar 107 detik.
3. Berdasarkan alternatif - alternatif diatas, didapat solusi untuk mengurangi permasalahan pada simpang empat bersinyal Demangan yaitu pada alternatif 1 didapat nilai derajat kejenuhan untuk lengan Utara, Selatan Kiri dan Timur sebesar 0,926 sedangkan Selatan Kanan sebesar 0,579. Pada alternatif 2 didapat nilai derajat kejenuhan untuk lengan Utara, Selatan Kiri dan Timur sebesar 0,854 sedangkan Selatan Kanan sebesar 0,701. Untuk nilai tundaan pada Alternatif 1 didapat nilai tundaan sebesar 67,01 det/smp, sedangkan pada Alternatif 2 didapat nilai tundaan sebesar 37,62 det/smp. Dengan perbandingan hasil diatas, alternatif 2 dapat dijadikan solusi terbaik untuk mengurangi permasalahan pada simpang empat bersinyal Demangan.

Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada simpang empat bersinyal Demangan, maka disarankan :

1. Sebaiknya dilakukan analisis data dengan metode lain selain Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997), metode yang lebih terbaru, sehingga memiliki hasil yang menyesuaikan kondisi saat ini.

2. Dengan hasil analisis kinerja simpang empat bersinyal Demangan yang memiliki rasio perbandingan antara kapasitas dan arus (derajat kejenuhan) dan tundaan yang tinggi, maka diharapkan instansi terkait dapat melakukan perbaikan agar kinerja simpang empat bersinyal Demangan menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerja Umum, Jakarta
- Menteri Perhubungan, 2015, *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015, Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*, Nusa Media, Jakarta
- Miro, Fidel, 2005, *Perencanaan Transportasi untuk Mahasiswa, Perencana, dan Praktisi*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Morlok, Edward K, 1995, *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Munawar, Ahmad, 2004, *Manajemen Lalulintas Perkotaan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Putra, M.Surya Permana, 2013, *Analisis kinerja simpang bersinyal dipersimpangan Dengung (studi kasus : Jalan Magelang KM 9,5 Yogyakarta)*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Wells, G.R. 1993. *Rekayasa Lalu-Lintas*. Diterjemahkan oleh: Ir. Suwardjoko Warpani. Jakarta: Bhratara.