

**ANALISA KINERJA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS : PERSIMPANGAN JALAN DELIMA – JALAN LOBAK – JALAN
SRIKANDI – JALAN MELATI INDAH)**

Rachmat Al Izzan¹⁾, Sri Djuniati²⁾, Mardani Sebayang²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Email : rachmatalizzan05@gmail.com

ABSTRACT

Delima intersection is a 2/2 four arms UnDivided crossing. The environment around this intersection is a commercial area. There are several activities at the intersection approach, such as vehicles in and out of the shopping area intersections that cause congestion. The purpose of this study is to analyze the performance of Delima intersections and to find out the level of road service. The method used in this study was Indonesian Highway Capacity Manual 1997 which includes analysis of intersection capacity, queue length, signalised phase and delay. Data were obtained by conducting a survey of traffic flow conditions, cycle time and geometric intersection. From the results, the analysis of signalised performance on the existing condition of the highest delay is the North approach with an average delay value of 310.95 sec/smp and the level of service is included in category D. This is necessary to do alternative intersection settings. From the three alternatives considered, the alternative three is the best alternative with the delay value generated in the afternoon peak hours is 6.03 sec/smp. The level of service in all three alternative peak hours is included in category B.

Keywords: Signalised Intersections, Delays, Level of Service, Cycle Time

A PENDAHULUAN

A.1 Latar Belakang

Persimpangan Jalan Delima merupakan persimpangan empat lengan 2/2 UD. Arus lalu lintas yang melalui simpang ini adalah arus dari arah Panam menuju pusat kota atau sebaliknya. Tipe lingkungan jalan di sekitar simpang ini merupakan daerah komersial, hal ini dapat dilihat dengan adanya pertokoan, pasar, bengkel dan rumah makan yang mengakibatkan kemacetan pada jalan tersebut.

Permasalahan yang terjadi pada persimpangan ini diantaranya adalah terdapat beberapa aktifitas pada pendekatan simpang, seperti kendaraan keluar masuk dari toko-toko di sekitar persimpangan. Selain itu perilaku pengemudi yang melewati persimpangan tanpa mengikuti

isyarat sinyal sering membuat titik konflik pada persimpangan ini.

Permasalahan-permasalahan tersebut akan menyebabkan antrian dan tundaan yang panjang pada persimpangan ini, sehingga sering terjadinya kemacetan yang cukup parah terutama pada jam-jam sibuk. Berdasarkan permasalahan tersebut diatas, perlu dilakukan evaluasi kinerja pengaturan lalu lintas di persimpangan untuk menghasilkan kinerja persimpangan yang optimal.

A.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keadaan :

1. Menganalisis kinerja persimpangan pada Jalan Delima (kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrian dan

jumlah keadaan terhenti) yang didasarkan pada volume lalu lintas saat ini.

- Mengetahui tingkat pelayanan simpang yang ada saat ini.

B. Tinjauan Pustaka

B.1 Simpang Jalan

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari semua sistem jalan. Daerah perkotaan biasanya memiliki persimpangan, di mana pengemudi dapat memutuskan untuk jalan terus atau berbelok dan pindah jalan.

Khisty (2003) menambahkan, persimpangan dibuat dengan tujuan untuk mengurangi potensi konflik diantara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan.

B.1.2 Arus Lalu Lintas

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997), arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok kiri Q_{LT} , lurus Q_{ST} , dan belok kanan Q_{RT} dikonversikan dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) perjam dengan menggunakan ekuivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan. Nilai (emp) untuk jenis kendaraan berdasarkan pendekatan dapat terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai emp untuk jenis kendaraan berdasarkan pendekatan

Jenis Kendaraan	Emp Tipe Pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda motor (MC)	0,2	0,4

Untuk menghitung arus dapat menggunakan Persamaan (1).

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

dengan :

- Q = Arus lalu lintas (smp/jam)
- Q_{LV} = Arus kendaraan ringan (kendaraan/jam)
- Q_{HV} = Arus kendaraan berat (kendaraan/jam)
- Q_{MC} = Arus sepeda motor (kendaraan/jam)
- emp_{HV} = Emp kendaraan berat
- emp_{MC} = Emp sepeda motor

B.1.3 Arus Jenuh

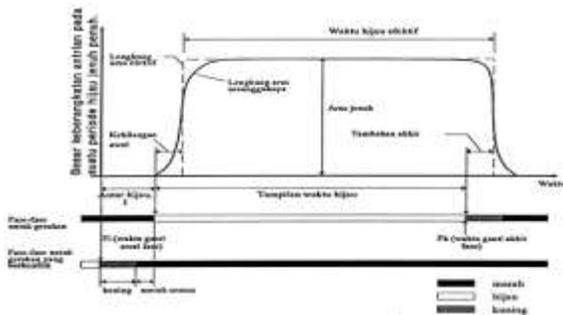
Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997), bahwa arus jenuh didefinisikan sebagai besarnya keberangkatan rata rata antrian di dalam suatu pendekatan simpang selama sinyal hijau yang besarnya dinyatakan dalam satuan. Adapun nilai arus jenuh suatu persimpangan bersinyal dapat dihitung dengan Persamaan (2).

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

dengan :

- S = Arus jenuh (smp/waktu hijau efektif)
- S_0 = Arus jenuh dasar (smp/waktu hijau efektif)
- F_{CS} = Faktor koreksi arus jenuh akibat ukuran kota (jumlah penduduk)
- F_{SF} = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya gangguan hambatan samping
- F_G = Faktor koreksi arus jenuh akibat kelandaian jalan
- F_P = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya kegiatan perparkiran dekat lengan persimpangan
- F_{LT} = Faktor koreksi kapasitas akibat adanya pergerakan belok kiri
- F_{RT} = Faktor koreksi kapasitas akibat adanya pergerakan belok kanan

Besar setiap faktor koreksi arus jenuh sangat tergantung pada tipe persimpangan. Penjelasan lebih rinci mengenai nilai setiap faktor koreksi arus jenuh bisa ditemukan dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997). Penggambaran arus jenuh dengan menggunakan metode Webster terlihat pada Gambar 1.

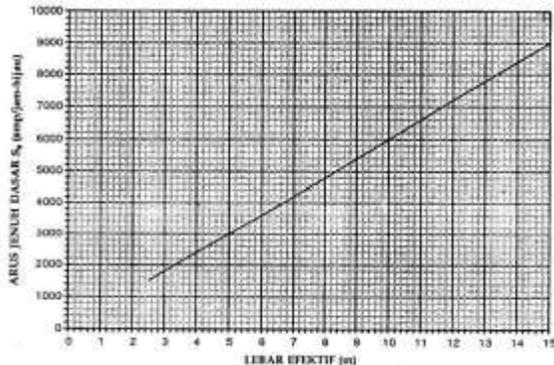


Gambar 1 Model dasar arus jenuh
Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997)

B.1.4 Arus Jenuh Dasar

Menentukan Arus jenuh dasar (S_0) dapat menggunakan Persamaan (3) dan untuk pendekatan tipe P (arus terlindung) dapat dihitung pada grafik Gambar 2.

$$S_0 = 600 \times W_e \text{ smp/jam hijau} \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 2. Arus jenuh dasar untuk pendekatan tipe P
Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997)

B.1.5 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FCcs)

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997), faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan berdasarkan jumlah penduduk kota (juta) yang akan diteliti. Faktor penyesuaian ukuran kota (FCcs) diperoleh dari Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Faktor penyesuaian untuk pengaruh ukuran kota pada kapasitas jalan perkotaan (FCcs)

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor Penyesuaian untuk ukuran kota (FCcs)
<0,1	0,86
0,1-0,5	0,90
0,5-1,0	0,94
1,0-3,0	1,00
>3,0	1,04

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997)

B.1.6 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})

Hambatan samping adalah interaksi antara lalu lintas dan kegiatan yang terjadi disamping jalan yang mengakibatkan adanya pengurangan terhadap arus jenuh didalam pendekatan. Faktor penyesuaian hambatan samping disesuaikan terhadap kondisi lingkungan jalan dan rasio kendaraan bermotor dapat dilihat pada Tabel 3.

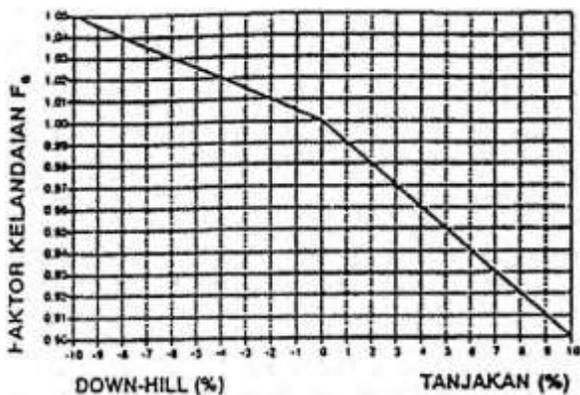
B.1.7 Faktor penyesuaian kelandaian (F_G)

Faktor penyesuaian kelandaian ditentukan sebagai fungsi dari kelandaian (GRAD). Penyesuaian faktor kelandaian didapat dari berapa persentase kemiringan eksisting jalan dilapangan kemudian disesuaikan dengan angka faktor kelandaian seperti pada Gambar 3. Tentukan persentase kemiringan jalan pada kondisi tanjakan atau turunan, kemudian disesuaikan pada grafik

Tabel 3 Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{SF})

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Comersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,75
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,88
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/ Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997)



Gambar 3 Faktor penyesuaian untuk kelandaian

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997)

B.1.8 Faktor penyesuaian parkir (F_p)

Faktor penyesuaian parkir dapat dihitung dari Persamaan (4), yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau:

$$F_p = \frac{LP}{3 - (WA - 2) \times (LP / 3 - g) / WA} \dots \dots \dots (4)$$

dengan :

LP = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m) (atau panjang dari lajur pendek).

WA = Lebar pendekat (m)

G = Waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 det)

B.1.9 Faktor Penyesuaian Gerakan Belok Kanan (F_{RT})

Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan F_{RT} . Faktor penyesuaian belok kanan hanya berlaku untuk kendaraan terlindung, tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Faktor penyesuaian belok kanan dapat dihitung dari Persamaan (5).

$$F_{RT} = 1,0 + p_{RT} \times 0,26 \dots \dots \dots (5)$$

dengan :

F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan

p_{RT} = rasio belok kanan

B.1.10 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kiri p_{LT}. Pada beberapa simpang tidak terdapat keterangan apapun, maka aturan LTOR atau belok kiri jalan terus diberlakukan. Faktor penyesuaian belok kiri hanya untuk pendekat tipe tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Faktor penyesuaian belok kiri dapat dihitung dengan Persamaan (6).

$$F_{LT} = 1,0 - p_{LT} \times 0,16 \dots \dots \dots (6)$$

dengan :

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

p_{LT} = Rasio belok kiri

B.1.11 Rasio Arus

Rasio Arus (FR) masing-masing pendekat dihitung dengan menggunakan Persamaan (7) :

$$FR = Q / S \dots \dots \dots (7)$$

Beri tanda rasio arus kritis (FR_{crit}) (=tertinggi) pada masing-masing fase. Hitung rasio arus simpang (IFR) sebagai jumlah dari nilai-nilai FR yang dilingkari (=kritis) menggunakan Persamaan (8).

$$IFR = \sum (FR_{crit}) \dots \dots \dots (8)$$

Hitung Rasio Fase (PR) masing-masing fase sebagai rasio antara FR_{CRIT} dan IFR dengan menggunakan Persamaan (9).

$$PR = FR_{crit} / IFR \dots \dots \dots (9)$$

B.1.12 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

Volume lalu lintas mempengaruhi panjang waktu siklus pada *fixed time operation*. Panjang waktu siklus akan mempengaruhi tundaan kendaraan rata-rata yang melewati simpang. Waktu siklus sebelum penyesuaian dapat dihitung

menggunakan Persamaan (10).

$$c_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \dots \dots \dots (10)$$

dengan :

c_{ua} = Waktu siklus sebelum

penyesuaian sinyal (detik)

IFR = Rasio arus simpang

Tabel 4 Waktu siklus yang disarankan

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (det)
dua fase	40 – 80
tiga fase	50 – 100
empat fase	80 – 130

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997)

B.1.13 Waktu Hijau (g)

Pada umumnya pembagian waktu hijau pada kinerja suatu simpang bersinyal lebih peka terhadap kesalahan daripada panjangnya waktu siklus. Untuk menentukan waktu hijau dapat dihitung menggunakan Persamaan (11).

$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR_i \dots \dots \dots (11)$$

dengan :

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase I (detik)

c_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

Pr_i = Rasio fase FR_{crit} / ∑FR_{crit}

B.1.14 Waktu Siklus yang Disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) sesuai waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang (LTI). Waktu siklus yang disesuaikan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (12).

$$c = g + LTI \dots \dots \dots (12)$$

dengan :

c = Waktu siklus yang disesuaikan (c)

B.2 Kinerja Simpang

B.2.1 Kapasitas

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997), perhitungan kapasitas dapat dibuat dengan pemisahan jalur tiap pendekat, pada satu lengan dapat terdiri dari satu atau lebih pendekat, misal dibagi menjadi dua atau lebih sub pendekat. Hal ini diterapkan jika gerakan belok kanan mempunyai fase berbeda dari lalu lintas yang lurus atau dapat juga dengan merubah fisik jalan yaitu dengan membagi pendekat dengan pulau lalu lintas (*canalization*). Kapasitas (*C*) dari suatu pendekat simpang bersinyal dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (13).

$$C = S \times g/c \dots\dots\dots (13)$$

dengan :

C = Kapasitas pendekat (smp/jam)

S = Arus jenuh (smp/jam hijau)

g = Waktu hijau (detik)

c = Waktu siklus

B.2.2 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan untuk menentukan angka jenuh pada kondisi jalan. Derajat kejenuhan dapat dihitung menggunakan Persamaan (14).

$$DS = Q/C \dots\dots\dots (14)$$

dengan :

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

B.2.3 Panjang Antrian

Panjang Antrian adalah panjangnya antrian kendaraan dalam suatu pendekat dan antrian dalam jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (kendaraan, smp). Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997), antrian yang terjadi pada suatu pendekat adalah jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (*NQ*) yang merupakan jumlah smp yang

tersisa dari fase hijau sebelumnya (*NQ₁*) dan jumlah smp yang datang selama waktu merah (*NQ₂*) yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (15).

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots (15)$$

dengan :

NQ = Jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau

NQ₁ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

NQ₂ = Jumlah smp yang datang selama waktu merah

Untuk Derajat kejenuhan (*DS*) > 5 dapat dihitung dengan Persamaan (16).

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \dots\dots\dots (16)$$

dengan :

NQ₁ = Jumlah smp yang tersisa dari fase sebelumnya

Untuk derajat kejenuhan (*DS*) ≤ 0,5 : *NQ₁* = 0

Jumlah antrian yang datang selama fase merah (*NQ₂*) dihitung dengan Persamaan (17).

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{2-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots (17)$$

dengan :

NQ = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau (*g/c*)

c = Waktu siklus (detik)

Q_{masuk} = Arus lalu lintas pada tempat di luar LTOR (smp/jam)

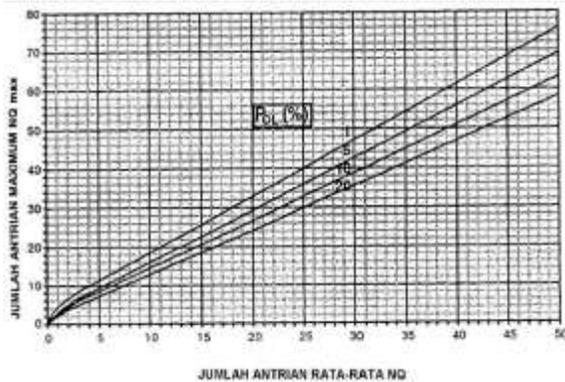
Panjang antrian (*QL*) menentukan lamanya pergantian siklus pada fase masing-masing simpang, dapat dihitung

menggunakan Persamaan (18). NQ_{max} didapat dengan menyesuaikan nilai NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih P_{OL} (%) dengan menggunakan grafik seperti terlihat pada Gambar 4. Untuk perencanaan dan desain disarankan nilai $P_{OL} \leq 5\%$, untuk operasional disarankan $P_{OL} = 5 - 10\%$.

$$QL = NQ_{max} \times (20/W_{masuk}) \dots \dots \dots (18)$$

dengan :

- QL = Panjang antrian
- NQ_{max} = Jumlah antrian maksimum
- W_{masuk} = Lebar masuk



Gambar 4 Perhitungan jumlah antrian (NQ_{max}) dalam smp

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997)

B.2.4 Angka Henti

Angka henti (NS) pada masing-masing pendekat adalah jumlah rata-rata kendaraan berhenti per smp, ini termasuk henti berulang sebelum melewati garis *stop* simpang. Untuk memperoleh nilai angka henti dapat menggunakan Persamaan (19).

$$NS = 0,9 \times (NQ/Q.c) \times 3600 \dots \dots \dots (19)$$

dengan :

NS = angka henti

B.2.5 Rasio Kendaraan Terhenti

Menurut Manual Kapasitas Jalan

Indonesia (MKJI) (1997), rasio kendaraan terhenti (P_{SV}) yaitu rasio kendaraan yang harus berhenti akibat sinyal merah sebelum melewati suatu simpang (i), dapat dihitung menggunakan Persamaan (20).

$$P_{sv} = \min NS_{(i)} \dots \dots \dots (20)$$

dengan :

NS = Angka henti dalam suatu pendekat

B.2.6 Tundaan

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j merupakan jumlah tundaan lalu lintas rata-rata (DT_j) dengan tundaan geometrik rata-rata (DG_j) dapat dihitung menggunakan Persamaan (21).

$$D_j = DT_j + DG_j \dots \dots \dots (21)$$

dengan :

- D_j = Tundaan rata-rata untuk pendekat j (detik/smp)
- DT_j = Tundaan lalu lintas rata-rata untuk pendekat j (detik/smp)
- DG_j = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (detik/smp)

Berdasarkan pada Akcelik (MKJI, 1997) tundaan lalu lintas rata-rata (DT) pada suatu pendekat j dapat ditentukan dengan Persamaan (22).

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR^2)}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \dots \dots \dots (22)$$

dengan :

- DT = Tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)
- c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)
- GR = Rasio hijau (g/c)
- DS = Derajat kejenuhan
- NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
- C = Kapasitas (smp/jam)

B.2.7 Tingkat Pelayanan (*Level of Service*)

Tingkat pelayanan adalah suatu ukuran yang digunakan untuk mengetahui kualitas suatu ruas jalan tertentu dalam melayani arus lalu lintas yang melewatinya. Hubungan antara kecepatan dan volume jalan perlu diketahui karena kecepatan dan volume merupakan aspek penting dalam menentukan tingkat pelayanan jalan.

Menurut Ofyar Z, Tamin, tingkat pelayanan sangat tergantung pada jenis fasilitas, bukan arusnya. Jalan bebas hambatan mempunyai tingkat pelayanan yang tinggi, sedangkan jalan yang sempit mempunyai tingkat pelayanan yang rendah. Kriteria tingkat pelayanan untuk simpang bersinyal dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Tingkat pelayanan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/kendaraan)
A	5,0
B	5,1 – 15
C	15,1 – 25
D	25,1 – 40
E	40,1 – 60
F	60

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997)

C METODE PENELITIAN

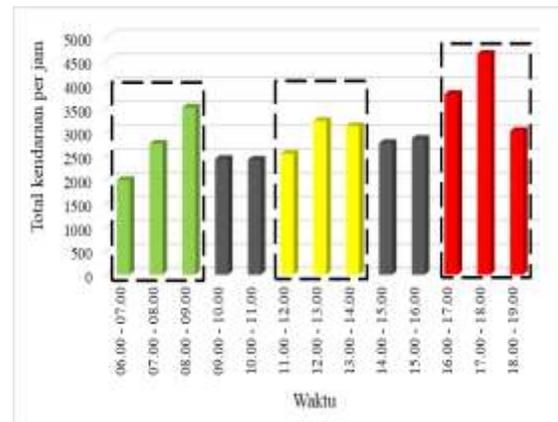
C.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilaksanakan pada salah satu simpang bersinyal di Kota Pekanbaru tepatnya berada simpang empat bersinyal Jalan Delima – Jalan Lobak – Jalan Srikandi – Jalan Melati Indah sebagaimana tampak pada Gambar 6.

C.2 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan bertujuan untuk mengetahui data-data awal mengenai pola arus lalu lintas, lokasi survei yang akan dipilih, jam-jam sibuk/puncak (*peak hour*) dan juga kondisi lingkungan di sekitar

simpang. Survei Pendahuluan dilaksanakan pada hari Senin (20/11/2017) mulai dari pukul 06.00 – 19.00 WIB.

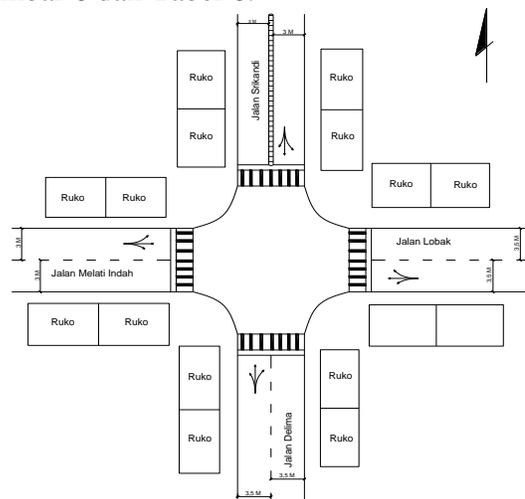


Gambar 5 Data Volume Lalu Lintas Survei Pendahuluan

Berdasarkan Gambar 5 diatas, maka dipilih waktu survei penelitian yaitu pagi (06.00 – 09.00), siang (11.00 – 14.00), sore (16.00 – 19.00) dimana pada waktu tersebut menunjukkan volume lalu lintas yang tinggi. Waktu survei penelitian dilakukan selama 3 hari yaitu hari Kamis (23/11/2017), Jumat (24/11/2017) dan Sabtu (25/11/2017).

C.3 Data Geometrik Simpang

Kondisi geometrik dan data geometrik simpang empat bersinyal Jalan Delima – Jalan Lobak – Jalan Srikandi – Jalan Melati Indah dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 6.



Gambar 6 Kondisi Geometrik Simpang

Tabel 6 Data Geometrik Simpang

Nama Jalan	Pendekat (m)			
	Lebar Pendeka	Lebar Masuk	Lebar Keluar	Lebar LTOR
Jl. Srikandi (U)	3,0	3,0	3,0	0
Jl. Delima (S)	3,5	3,5	3,5	0
Jl. Lobak (T)	3,5	3,5	3,5	0
Jl. Melati Indah	3,0	3,0	3,0	0

D HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Kondisi Eksisting

Kondisi Eksisting adalah kondisi keadaan awal pada persimpangan Jalan Delima – Jalan Lobak - Jalan Srikandi – Jalan Melati Indah. Kondisi ini menentukan analisa apa yang diperlukan untuk mendapatkan kondisi persimpangan yang baik.

D.1.1 Arus Jenuh (S)

Nilai arus jenuh pada simpang bersinyal Jalan Delima – Jalan Lobak - Jalan Srikandi – Jalan Melati Indah pada kondisi eksisting pada hari Kamis (23-11-2017) dirangkum dalam Tabel 7.

D.1.2 Kapasitas (C)

Besarnya nilai Kapasitas (C) tergantung pada Arus Jenuh dan rasio waktu hijau pada masing-masing pendekat.

Perhitungan kapasitas simpang untuk kondisi eksisting pada hari Kamis (23-11-2017) dapat dilihat pada Tabel 8.

D.1.3 Derajat Kejenuhan (DS)

Nilai derajat kejenuhan dalam penelitian ini pada hari Kamis (23-11-2017) dirangkum pada Tabel 9.

Tabel 7 Nilai Arus Jenuh Kondisi Eksisting

Interval	Kode	Faktor Penyesuaian						Arus Jenuh dasar (So) (smp/jam)	Arus Jenuh (S) (smp/jam)
		FCS	FSF	FG	FP	FRT	FLT		
16.30 s/d 17.30	U	1,00	0,93	1,00	2,04	1,09	0,97	1800	3618
	S	1,00	0,93	1,00	1,89	1,10	0,97	2100	4037
	T	1,00	0,93	1,00	1,89	1,08	0,95	2100	3853
	B	1,00	0,93	1,00	2,04	1,10	0,97	1800	3657

Tabel 8 Kapasitas Simpang Kondisi Eksisting

Interval	kode pendekat	Tipe Pendekat	Arus jenuh (S)	Waktu hijau (g)	Waktu Siklus yang disesuaikan (c)	kapasitas
			Smp/jam	Detik	Detik	Smp/jam
16.30 s/d 17.30	U	P	3.618	21	124	613
	S	P	4.037	26		846
	T	P	3.853	32		994
	B	P	3.657	25		737

Tabel 9 Derajat Kejenuhan (*DS*) Kondisi Eksisting

Interval	kode pendekat	Tipe Pendekat	Arus lalu lintas (<i>Q</i>)	kapasitas (Smp/jam)	derajat Jenuh
16.30 s/d 17.30	U	P	683	613	1.11
	S	P	797	846	0.94
	T	P	874	994	0.88
	B	P	585	737	0.79

Derajat kejenuhan yang paling jenuh pada pendekat Utara Jalan Srikandi, dikarenakan kapasitas jalan tidak terlalu besar untuk menampung volume lalu lintas yang ada.

D.1.4 Panjang Antrian (*NQ*)

Jumlah antrian kendaraan yang terjadi pada lengan yang ditinjau dalam hal ini adalah lengan Utara. Hasil dari Derajat Kejenuhan (*DS*) digunakan untuk

menghitung jumlah antrian (*NQ1*) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Panjang antrian (*QL*) pada kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 10.

D.1.5 Tundaan

Hasil analisis tundaan simpang pada hari Kamis (23-11-2017) dirangkum dalam Tabel 11.

Tabel 10 Panjang Antrian (*QL*) Kondisi Eksisting

Interval	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	(<i>NQ1</i>)	(<i>NQ2</i>)	<i>NQ</i> TOTAL	<i>NQ</i> MAX	(<i>QL</i>)
16.30 s/d 17.30	U	P	57,5	24,4	66,7	83	553
	S	P	13,2	27,2	37,6	56	320
	T	P	6,9	29,0	35	50	286
	B	P	3,4	19,1	22,5	33	220

Tabel 11 Tundaan Kendaraan Kondisi Eksisting

Periode Waktu	Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Tundaan				Tundaan Rata – rata Simpang (det/smp)	Tingkat Pelayanan Simpang
			(DT)	(DG)	Tundaan Rata-Rata (D)	Tundaan Total (smp.det)		
16.30 s/d	U	P	303	7,7	310,95	212351	33,29	D
	S	P	93,3	4,5	97,74	77921		
17.30	T	P	66,3	4,1	70,34	61453		
	B	P	63,5	4,0	67,56	39503		

D.2 Pembahasan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada kondisi eksisting nilai derajat kejenuhan tinggi ($DS \geq 0,85$), untuk mengurangi 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)
3. Alternatif 3 (Perubahan fase dari 4 fase menjadi 2 fase)

D.2.1 Alternatif 1

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:

$$\begin{aligned} g &= (C_{ua} - LTI) \times PR \\ &= (169 - 20) \times 0,252 \\ &= 37 \text{ detik} \end{aligned}$$

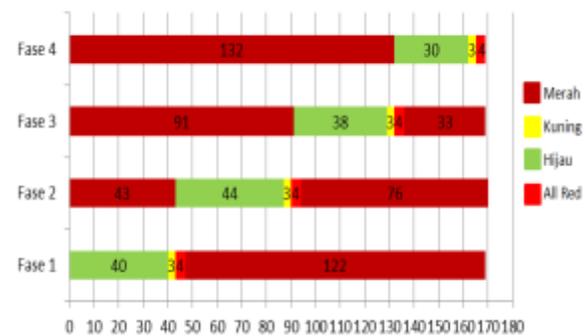
Waktu siklus yang disesuaikan (c) dalam perancangan ulang jam puncak menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} c &= \sum g + LTI \\ &= 149 + 20 \\ &= 169 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dengan persamaan di atas didapat waktu hijau dan waktu siklus yang disesuaikan dalam Tabel 12 dan Gambar 7.

Tabel 12 Perancangan Ulang Waktu Siklus dan Hijau Alternatif 1

Sinyal	Lengan	Tipe pendekat	Waktu (detik)			
			M	H	K	All red
Fase 1	U	(P)	125	37	3	4
Fase 2	T	(P)	118	44	3	4
Fase 3	B	(P)	124	38	3	4
Fase 4	S	(P)	132	30	3	4
Waktu siklus (detik)			169			



Gambar 7 Diagram Waktu Siklus Simpang Setelah Dilakukan Perencanaan Ulang Pada Alternatif 1

Berdasarkan perhitungan alternatif I dengan perancangan ulang waktu siklus dengan menambah waktu hijau disetiap lengan, didapatkan nilai waktu siklus sebesar 169 detik. Perhitungan kinerja simpang bersinyal kondisi alternatif I dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 Perhitungan Kinerja Simpang Kondisi Alternatif 1

Analisis	Lengan	Waktu Hijau (g)	Q (smp/jam)	C (smp/jam)	DS	Antrian (m)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tundaan Simpang Rata-rata	Tingkat Pelayanan
Perancangan Ulang	U	37	683	749	0.91	360	102.00		C
Volume Jam Puncak (VJP)	S	38	797	887	0.90	349	92.55	24.76	C
	T	44	874	986	0.89	366	83.69		C
	B	30	585	649	0.90	313	106.56		C

D.2.2 Alternatif 2

Pada alternatif 2 dilakukan penambahan lebar efektif pada lengan Utara, Timur, Selatan dan Barat serta dilakukan kembali perancangan ulang waktu siklus. Lebar efektif pada masing-masing lengan ditambah sebesar 0,5 m. Data geometrik simpang alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14 Data Geometrik Simpang Alternatif 2

Nama Jalan	Pendekat (m)			
	Lebar Pendekat	Lebar Masuk	Lebar Keluar	Lebar LTOR
Jl. Srikandi	3,5	3,5	3,5	0
Jl. Delima	4,0	4,0	4,0	0
Jl. Lobak	4,0	4,0	4,0	0
Jl. Melati Indah	3,5	3,5	3,5	0

Seperti pada alternatif 1, nilai waktu hijau (g) dan Waktu siklus yang disesuaikan (c) tidak menggunakan nilai pada kondisi eksisting akan tetapi menggunakan perhitungan berikut :

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

$$\begin{aligned}
 g &= (Cua - LTI) \times PR \\
 &= (127 - 20) \times 0,241 \\
 &= 26 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

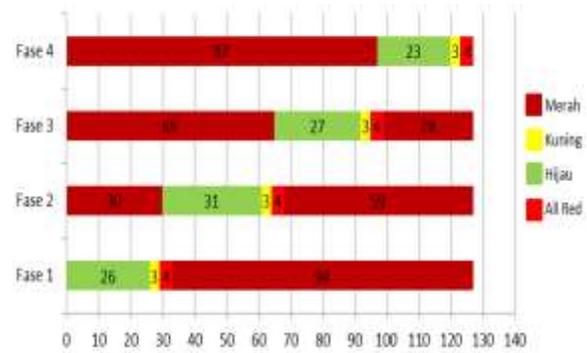
Waktu siklus yang disesuaikan (c) dalam perancangan ulang jam puncak menggunakan persamaan

$$\begin{aligned}
 c &= \sum g + LTI \\
 &= 107 + 20 \\
 &= 127 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dengan persamaan diatas didapat waktu hijau dan waktu siklus yang disesuaikan dalam Tabel 15 dan Gambar 8.

Tabel 15 Perancangan Ulang Waktu Siklus dan Hijau Alternatif 2

Sinyal	Lengan	Tipe pendekat	Waktu (detik)			
			M	H	K	All red
Fase 1	U	(P)	94	26	3	4
Fase 2	T	(P)	89	31	3	4
Fase 3	B	(P)	93	27	3	4
Fase 4	S	(P)	97	23	3	4
Waktu siklus (detik)			127			



Gambar 8 Diagram Waktu Siklus Simpang Empat Bersinyal Setelah dilakukan Perencanaan Ulang Pada Alternatif 2

Berdasarkan perhitungan alternatif 2 dengan penambahan lebar efektif pada masing-masing pendekat sebesar 0,5 m serta perancangan ulang waktu siklus dengan menambah waktu hijau disetiap lengan, didapatkan nilai waktu siklus sebesar 127 detik. Alternatif 2 didapatkan nilai DS untuk masing-masing lengan lebih rendah dari analisis alternatif 1, tetapi kondisi DS masih ada diatas 0,85 untuk lengan Timur dan Selatan. Perhitungan kinerja simpang kondisi alternatif 2 dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16 Perhitungan Kinerja Simpang Kondisi Alternatif 2

Analisis	Lengan	Waktu Hijau (g)	Q (smp/jam)	C (smp/jam)	DS	Antrian (m)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tundaan Simpang Rata-rata	Tingkat Pelayanan
Penambahan Lajur Efektif	U	26	683	800	0.85	240	71.06	18.73	C
	S	27	797	901	0.88	235	73.93		C
	T	31	874	993	0.88	250	68.52		C
	B	23	585	716	0.82	217	69.62		C

D.2.3 Alternatif 3

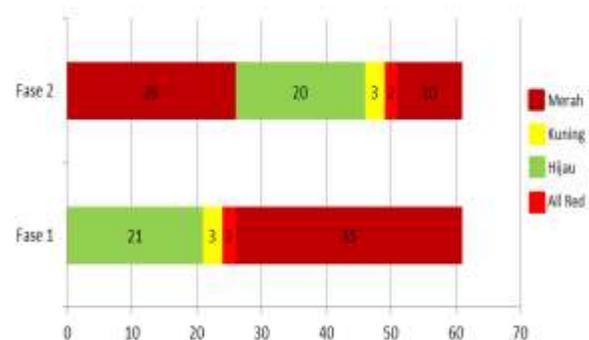
Pada percobaan alternatif 3 lebar efektif tidak memungkinkan ditambah lagi, karena kondisi jalan simpang bersinyal Jalan Delima – Jalan Lobak – Jalan Srikandi – Jalan Melati Indah tidak memiliki DAMIJA yang cukup luas untuk melakukan pelebaran jalan. Maka dilakukan perubahan fase awal simpang yang semula mempunyai pengaturan 4 fase menjadi 2 fase, dapat dilihat pada Tabel 17 dan Gambar 9.

Waktu siklus yang disesuaikan (c) dalam perancangan ulang jam puncak dan perubahan fase sinyal menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 c &= \sum g + LTI \\
 &= (21+20) + 20 \\
 &= 61 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 17 Perancangan Ulang Waktu Siklus dan Hijau Alternatif 3

Sinyal	Lengan	Tipe pendekatan	Waktu (detik)			
			M	H	K	All red
Fase 1	(U/S)	O	35	21	3	2
Fase 2	(T/B)	O	36	20	3	2
Waktu siklus (detik)			61			



Gambar 9 Diagram Waktu Siklus Simpang Empat Bersinyal Setelah dilakukan Perencanaan Ulang Pada Alternatif 3

Dengan melakukan perubahan fase awal menjadi 2 fase, waktu siklus yang terjadi semakin kecil.

Berdasarkan perhitungan alternatif 3 dengan perancangan ulang waktu siklus, penambahan lajur efektif dan perubahan fase awal menjadi 2 fase didapatkan nilai waktu siklus sebesar 61 detik, dengan waktu hijau (g) pada fase 1 (Lengan Utara/Selatan) 21 detik dan fase 2 (Lengan Timur/Barat) 20 detik. Pada alternatif 3 didapatkan nilai DS dan tundaan lebih kecil dari alternatif sebelumnya. Perhitungan kinerja simpang kondisi alternatif 3 dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18 Perhitungan Kinerja Simping Kondisi Alternatif 3

Analisis	Lengan	Waktu Hijau (g)	Q (smp/jam)	C (smp/jam)	DS	Antrian (m)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tundaan Simping Rata-rata	Tingkat Pelayanan
Perubahan fase awal dari 4 fase menjadi 2 fase	U	21	825	1339	0.62	149	20.70	6.03	B
	S	21	940	1451	0.65	155	21.17		B
	T	20	1027	1604	0.64	190	21.22		B
	B	20	678	1349	0.50	126	19.04		B

D.3 Rekapitulasi Analisis Simping

Berdasarkan hasil hitungan kinerja simping bersinyal, didapatkan perbandingan alternatif yang sesuai digunakan pada

simpang empat bersinyal Jalan Delima – Jalan Lobak – Jalan Srikandi – Jalan Melati Indah. Rekapitulasi perbandingan analisis simping bersinyal dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19 Perbandingan Hasil Analisis Kondisi Eksisting dan Alternatif Perancangan Ulang

No	Analisis	Lengan	Waktu Hijau (g)	Q (smp/jam)	C (smp/jam)	DS	Antrian (m)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tundaan Simping Rata-rata	Tingkat Pelayanan
1	Kondisi Eksisting	U	21	683	613	1.11	553	310.95	33.29	D
		S	26	797	846	0.94	320	97.74		D
		T	32	874	994	0.88	286	70.34		D
		B	25	585	737	0.79	220	67.56		D
2	Perancangan Ulang Volume Jam Puncak (VJP)	U	37	683	749	0.91	360	102.00	24.76	C
		S	38	797	887	0.90	349	92.55		C
		T	44	874	986	0.89	366	83.69		C
		B	30	585	649	0.90	313	106.56		C
3	Penambahan Lajur Efektif	U	26	683	800	0.85	240	71.06	18.73	C
		S	27	797	901	0.88	235	73.93		C
		T	31	874	993	0.88	250	68.52		C
		B	23	585	716	0.82	217	69.62		C
4	Perubahan fase awal dari 4 fase menjadi 2 fase	U	21	825	1339	0.62	149	20.70	6.03	B
		S	21	940	1451	0.65	155	21.17		B
		T	20	1027	1604	0.64	190	21.22		B
		B	20	678	1349	0.50	126	19.04		B

Dari tabel perbandingan antara kondisi eksisting dengan semua alternatif, maka solusi terbaik yang dapat dilakukan adalah alternatif 3 (perubahan fase awal menjadi 2 fase) dikarenakan dapat meningkatkan tingkat pelayanan, mengurangi antrian, mengurangi nilai DS dan memperkecil tundaan.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Dari analisis simpang empat bersinyal Jalan Delima – Jalan Lobak – Jalan Srikandi – Jalan Melati Indah berdasarkan MKJI 1997, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil hitungan volume lalu lintas harian rata-rata pada hari Kamis (23-11-2017) Pukul 16.30-17.30, kondisi eksisting persimpangan masing-masing lengan memiliki Derajat Kejenuhan yang tinggi, yaitu pendekatan Utara 1,11, pendekatan Selatan 0,94, pendekatan Timur 0,88 dan pendekatan Barat 0,79. Hal ini dikarenakan kapasitas jalan yang ada tidak cukup besar untuk menampung volume kendaraan yang ada. Panjang antrian masing-masing lengan simpang untuk pendekatan Utara 553 m, pendekatan Selatan 320 m, pendekatan Timur 286 m dan pendekatan Barat 220 m. Panjangnya antrian menyebabkan tundaan semakin besar yaitu tundaan rata-rata simpang 33,29 det/kend. Upaya untuk meminimalkan Panjang antrian dan tundaan pada masing-masing simpang digunakan alternatif 3 yaitu perubahan fase awal dari 4 fase menjadi 2 fase. Maka didapatkan hasil kinerja simpang bersinyal sebagai berikut :
 - Kapasitas masing-masing lengan semakin besar yaitu, Utara 1.339 smp/jam, Selatan 1.451 smp/jam , Timur 1.604 smp/jam dan Barat 1349 smp/jam.

- Derajat kejenuhan semakin kecil yaitu, Utara 0,52 smp/jam, Selatan 0,65 smp/jam, Timur 0,64 smp/jam dan Barat 0,50 smp/jam.
- Panjang antrian semakin berkurang yaitu, Utara 149 m, Selatan 155 m, Timur 190 m dan Barat 126 m.
- Tundaan rata-rata simpang menjadi 6,03 det/kend.

2. Berdasarkan hasil hitungan volume jam puncak simpang empat bersinyal Jalan Delima – Jalan Lobak – Jalan Srikandi – Jalan Melati Indah hari Kamis (23-11-2017) Pukul 16.30-17.30 tingkat pelayanan yang terjadi :

- Pada kondisi eksisting tingkat pelayanan simpang masuk pada kategori D yaitu arus lalu lintas tidak stabil dengan tundaan simpang rata-rata 33,29 det/kend.
- Setelah dihitung Analisis kinerja menggunakan alternative 3 (perubahan fase dari 4 fase menjadi 2 fase) tingkat pelayanan simpang masuk pada kategori B yaitu arus lalu lintas stabil dengan tundaan simpang rata-rata 6,03 det/kend.

E.2 Saran

Dari hasil kesimpulan diatas maka saran-saran yang dapat penyusun sampaikan setelah melakukan penelitian tentang analisis simpang bersinyal dengan Metode MKJI 1997 adalah sebagai berikut.

1. Perlunya penambahan lebar jalan untuk masing-masing pendekatan serta mengubah waktu hijau pada pengaturan *traffic light*.
2. Melakukan penelitian-penelitian lainnya yang masih berhubungan dengan analisis simpang bersinyal, hal ini diharapkan dapat menunjang dan mendukung serta mempunyai suatu tindak lanjut terhadap kelancaran lalu lintas pada persimpangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, dkk, 1999, *Rekayasa Lalu Lintas*, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Kemeterian Pekerjaan Umum*, Jakarta
- Julianto, Eko Nugroho. (2007). *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Bangkong Dan Simpang Milo Semarang Berdasarkan Konsumsi Bahan Bakar*. Thesis. (Tidak Diterbitkan). Universitas Diponegoro, Semarang.
- Khisty, C. J dan B. Kent Lall., (2005). *Dasar – dasar Rekayasa transportasi*. Cetakan III. Erlangga, Jakarta.
- Morlok. (1991). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga. Jakarta
- Tamin, O.Z., (2003). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Penerbit ITB, Bandung.
- Warpani, S. 2002. *Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. ITB. Bandung.