

*BUNGA RAMPAI*  
**TEKNIK INDUSTRI**  
Aplikasi Keilmuan Teknik Industri

Desember 2008

**Perancangan Perangkat Keras Dan Lunak Sistem Pendeteksi Posisi Ultrasonik Dengan Metoda Trilaterasi**

Bagus Arthaya, Anggolo Purnomo, Vommy and Sunartojo

**Penggunaan *Response Surface Methodology* dalam Penentuan Level Parameter Produksi untuk Meminimasi Penyimpangan Ukuran Ubin Keramik**

Cynthia P. Juwono dan Sindy Dyana

**Kebutuhan Pengembangan Industri Kecil Modern di Sektor Manufaktur**

**Potensi, Masalah dan Prospek Pengembangannya**

Marihot Nainggolan

**Pelatihan Berbasis Kompetensi bagi *Customer service* Bank X Berdasarkan Model Spencer dan Spencer**

Hotna Marina Sitorus, Carles Sitompul dan Yulia Herdy

**Pengembangan Simulator Kendali *Conveyor* Menggunakan PLC GE Fanuc Series 90 Micro dan PC-Labcard 720**

Ali Sadiyoko

**Penerapan *Incomplete Pairwise Comparison* Terhadap Metode *Analytic Hierarchy Process* Untuk Mereduksi Jumlah *Pairwise Comparison***

Ignatius A. Sandy dan David Aryono

**Implementasi DMAIC *Six-Sigma* Pada Proyek Pengurangan Jumlah Produk Cacat *Pipe Comp Air Feed* Di PT. BME**

Yogi Yusuf W., Anggolo Purnomo dan Fanny

**Penentuan Lamanya Waktu Siklus Optimum Lampu Lalu Lintas Simpang Dago Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997**

Y. M. Kinley Aritonang dan Dimas Senoaji Pangestu



JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK  
PARAHYANGAN

Jl. Ciumbuleuit 94 – Bandung 40141

Telp. & Fax. : 022-2032700

# Penentuan Lamanya Waktu Siklus Optimum Lampu Lalu Lintas Simpang Dago Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997

Y. M. Kinley Aritonang, Dimas Senoaji Pangestu  
Parahyangan Catholic University, Bandung 410141 INDONESIA  
+62-22-2032700, Email: kinley@home.unpar.ac.id

**Abstrak:** Persimpangan jalan Siliwangi – Dipati Ukur – Ir.Juanda, yang dikenal dengan "Simpang Dago", adalah salah satu persimpangan jalan raya dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi. Waktu siklus, waktu hijau Dago Atas Tengah, waktu hijau Dago Atas Kanan, waktu hijau Dago Bawah, dan waktu hijau Siliwangi-Dipati Ukur saat ini masing-masing: 149 detik, 95 detik, 42 detik, 48 detik, dan 44 detik belumlah optimal berdasarkan perhitungan MKJI 1997, karena menghasilkan *average delay* simpang yang besar yaitu sebesar 125.968 detik/smp untuk pagi hari, 87.221 detik/smp untuk siang hari, dan 169.314 detik/smp untuk sore hari. Dengan memandang suatu persimpangan lampu lalu lintas sebagai suatu sistem antrian, dengan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, dapat diketahui *average delay* pada simpang tersebut, waktu siklus optimal, dan pengaturan waktu nyala lampu hijau yang optimal. Berdasarkan perhitungan dengan MKJI 1997 diketahui kondisi sore hari yang merupakan kondisi terparah. Waktu yang optimal berdasarkan MKJI 1997 dengan urutan waktu seperti di atas adalah: 157 detik, 86 detik, 37 detik, 44 detik, dan 61 detik. Dengan waktu siklus optimum sebesar 157 detik, *average delay* simpang menjadi paling minimum yaitu sebesar 76.426 detik/smp.

**Kata kunci :** MKJI; *Average delay*; *total delay*; Waktu siklus; Pengaturannya lampu lalu lintas

## 1. PENDAHULUAN

Dalam pandangan dunia industri, kemacetan lalu lintas adalah sebuah *waste*. Kemacetan lalu lintas berarti waktu, tenaga, dan bahan bakar terbuang percuma, bahkan dapat dikatakan menurunkan utilitas sebenarnya dari kendaraan. Oleh karena itu, usaha mengurangi kemacetan lalu lintas sangatlah penting.

Salah satu upaya mengurangi kemacetan lalu lintas adalah dengan mengoptimalkan sistem kerja lampu lalu lintas. Pengaturan nyala lampu yang baik pada persimpangan jalan dapat mengurangi waktu antrian yang terjadi. Dengan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, dapat diketahui *average delay* pada simpang tersebut, waktu siklus optimal, dan pengaturan waktu nyala lampu hijau yang optimal.

Persimpangan jalan Siliwangi–Dipati Ukur–Ir.Juanda, yang dikenal dengan "Simpang Dago", adalah salah satu persimpangan jalan raya dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi. Kondisi geografis yang tidak memungkinkan untuk memperlebar ruas

jalan menjadi sebuah kendala tersendiri dalam usaha mengurangi kemacetan, sehingga penerapan MKJI 1997 pada sistem lampu lalu lintas Simpang Dago dapat menjadi salah satu alternatif usaha untuk mengurangi kemacetan lalu lintas.

Simpang Dago menghadapi kepadatan lalu lintas yang tinggi setiap harinya (khususnya pada jam sibuk, yaitu: pagi hari sekitar jam 06.30 – 09.00 WIB, dan sore hari sekitar jam 16.00 – 18.30 WIB). Ruas jalan saat ini pada Simpang Dago tidaklah seimbang dengan jumlah kendaraan yang melintas.

Metode Webster pada penelitian sebelumnya masih terdapat banyak kelemahan. Adanya kelemahan yang mendasar ini melahirkan penggunaan metode baru untuk menentukan sistem kerja lampu lalu lintas yang optimal yaitu metode Pergerakan *Delay* (*Movement Delay Method*). Indonesia mengadopsi metoda ini dan memberikan nama Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) dengan edisi terbaru tahun 1997. Metoda ini mengikuti metode *movement delay* dari negara Eropa khususnya Inggris, di mana ukuran

- $F_G$  = faktor koreksi kelandaian
- $F_P$  = faktor koreksi parkir
- $F_{RT}$  = faktor koreksi belok kanan
- $F_{LT}$  = faktor koreksi belok kiri

Arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat ( $W_e$ ). Arus jenuh dasar dapat dihitung sebagai berikut [1] :

$$S_0 = 600 \times W_e$$

Kapasitas ( $C$ ) adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat melalui persimpangan bersinyal [3]. Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dihitung sebagai berikut :

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

Derajat kejenuhan ( $ds$ ) adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat [1]. Derajat kejenuhan dapat dihitung sebagai berikut :

$$ds = Q / C$$

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau ( $NQ$ ) adalah jumlah smp tersisa dari fase hijau sebelumnya. ( $NQ_1$ ) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah ( $NQ_2$ ) [1]. Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau dapat dihitung sebagai berikut :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

Untuk  $ds > 0.5$  :

$$NQ = 0,25 \times C \times \left[ (ds-1) + \sqrt{(ds-1)^2 + \frac{8 \times (ds-0,5)}{C}} \right]$$

Untuk  $ds \leq 0.5$  :

$$NQ_1 = 0$$

$$NQ_2 = cx \frac{1-GR}{1-GR \times ds} \times \frac{Q}{3600}$$

Panjang antrian ( $QL$ ) adalah perkalian jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau ( $NQ$ ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp ( $20 \text{ m}^2$ ) dan pembagian dengan lebar masuk ( $W_{ENTRY}$ ) [1]. Panjang antrian dapat dihitung sebagai berikut :

$$QL = \frac{NQ_{total} \times 20}{W_{ENTRY}}$$

Angka henti ( $NS$ ) masing-masing pendekat adalah jumlah rata-rata kendaraan berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) [1].  $NS$  adalah fungsi dari jumlah rata-rata antrian ( $NQ$ ) dibagi dengan waktu siklus, angka henti dapat dihitung sebagai berikut :

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

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat menurut Manual Kapasitas Indonesia 1997 ini didasarkan pada teori Akcelik 1988. Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal, yaitu :

Tundaan lalu lintas ( $DT$ ), disebabkan karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang.

a. Tundaan geometri ( $DG$ ), disebabkan karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah

$$b. DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

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

$$DG_j = (1 - \rho_{SV}) \times \rho_T \times 6 + (\rho_{SV} \times 4)$$

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat adalah waktu tempuh tambahan rata-rata yang diperlukan untuk melalui simpang [1]. Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$D = DT + DG$$

Tundaan total (smp.det) adalah perkalian antara tundaan rata-rata dengan arus lalulintas ( $D \times Q$ ). Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang ( $D_j$ ) didapat dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total yang dihitung berdasarkan formula berikut [3] :

performansinya adalah terpusat pada pengemudinya / *individual movement delay* bukan pada V/C seperti metode Webster.

Dengan penggunaan *individual movement delay*, pengemudi lebih mengerti ukuran performansinya sendiri dibandingkan dengan V/C. Dengan kata lain, tujuan utama dari MKJI 1997 adalah menentukan sistem kerja lampu lalu lintas optimal dengan menyeimbangkan waktu menunggu tiap kendaraan di tiap ruas secara seimbang baik ruas jalan dengan volume tinggi maupun ruas jalan dengan volume rendah. Ruas jalan dengan volume tinggi waktu hijauya ditingkatkan sedangkan untuk ruas jalan dengan volume rendah waktu hijauya dikurangi. Dengan demikian, waktu menunggu waktu menunggu tiap kendaraan di tiap ruas dapat seimbang.

Berdasarkan keadaan - keadaan tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- Berapa lama waktu siklus optimal yang dapat meminimasi tundaan simpang rata-rata pada Simpang Dago dengan MKJI 1997?
- Berapa lama waktu menyala lampu merah-kuning-hijau berdasarkan waktu siklus optimal dengan MKJI 1997 ?

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengamatan dilakukan dengan interval 2 jam pada jam sibuk hari kerja, yaitu: pagi hari sekitar jam 07.00- 09.00 WIB, siang hari sekitar jam 11.00 - 13.00, dan sore hari sekitar jam 16.00 - 18.00.

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Kelandaian jalan pada persimpangan ini diabaikan.
- Waktu koreksi a dan b pada perhitungan waktu hijau efektif masing-masing sebesar satu detik.

## 2. MANUAL KAPASITAS JALAN INDONESIA (MKJI) 1997

Data lalulintas dibagi dalam tipe kendaraan yaitu kendaraan tidak bermotor (UM), sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Dalam MKJI 1997, kendaraan tak bermotor dikategorikan sebagai hambatan samping. Jenis kendaraan dalam perhitungan ini dijelaskan di bawah ini [1] :

- Kendaraan ringan (*light vehicle*, LV), yaitu indeks untuk kendaraan bermotor dengan roda 4.

- Kendaraan berat (*heavy vehicle*, HV), yaitu indeks untuk kendaraan bermotor dengan roda 4 atau lebih.
- Sepeda motor (*motor cycles*, MC), yaitu indeks untuk kendaraan bermotor dengan roda 2 atau 3.
- Kendaraan tak bermotor (*Unmotorised*, UM), yaitu kendaraan yang tidak digerakkan dengan tenaga motor.

Arus lalu lintas yang terjadi bagi masing-masing jenis kendaraan untuk kondisi terlindung atau terlawan harus dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp). Faktor ekivalensi mobil penumpang (emp) disajikan pada tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1 Faktor ekivalensi mobil penumpang (emp) [1]

Tipe Kendaraan	Nilai smp	
	Terlindung g	Terlawan n
LV	1	1
HV	1.3	1.3
MC	0.2	0.4

Untuk menghasilkan tundaan minimum, waktu hijau efektif didistribusikan kepada fase yang lain berdasarkan harga perbandingan maksimum antara volume dan arus jenuhnya (Y).

$$g_i = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_\phi}$$

Arus Jenuh (Y) adalah besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan. Arus jenuh pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar ( $S_0$ ), yaitu arus jenuh pada kondisi ideal, dengan faktor penyesuaian untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, yaitu suatu kumpulan kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh dapat dihitung sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_L$$

dengan :

$S_0$  = arus jenuh dasar

$F_{CS}$  = faktor koreksi ukuran kota

$F_{SF}$  = 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

Arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat ( $W_e$ ). Arus jenuh dasar dapat dihitung sebagai berikut [1]:

$$S_0 = 600 \times W_e$$

Kapasitas ( $C$ ) adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat melalui persimpangan bersinyal [3]. Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dihitung sebagai berikut:

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

Derajat kejenuhan ( $ds$ ) adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat [1]. Derajat kejenuhan dapat dihitung sebagai berikut:

$$ds = Q / C$$

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau ( $NQ$ ) adalah jumlah smp tersisa dari fase hijau sebelumnya. ( $NQ_1$ ) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah ( $NQ_2$ ) [1]. Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau dapat dihitung sebagai berikut:

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

Untuk  $ds > 0.5$ :

$$NQ = 0,25 \times C \times \left[ (ds-1) + \sqrt{(ds-1)^2 + \frac{8 \times (ds-0,5)}{C}} \right]$$

Untuk  $ds \leq 0.5$ :

$$NQ_1 = 0$$

$$NQ_2 = cx \frac{1-GR}{1-GR \times ds} \times \frac{Q}{3600}$$

Panjang antrian ( $QL$ ) adalah perkalian jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau ( $NQ$ ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp ( $20 \text{ m}^2$ ) dan pembagian dengan lebar masuk ( $W_{ENTRY}$ ) [1]. Panjang antrian dapat dihitung sebagai berikut:

$$QL = \frac{NQ_{total} \times 20}{W_{ENTRY}}$$

Angka henti ( $NS$ ) masing-masing pendekat adalah jumlah rata-rata kendaraan berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) [1].  $NS$  adalah fungsi dari jumlah rata-rata antrian ( $NQ$ ) dibagi dengan waktu siklus, angka henti dapat dihitung sebagai berikut:

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

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat menurut Manual Kapasitas Indonesia 1997 ini didasarkan pada teori Akcelik 1988. Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal, yaitu:

Tundaan lalu lintas ( $DT$ ), disebabkan karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang.

a. Tundaan geometri ( $DG$ ), disebabkan karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah

$$b. DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

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

$$DG_j = (1 - \rho_{SV}) \times \rho_T \times 6 + (\rho_{SV} \times 4)$$

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat adalah waktu tempuh tambahan rata-rata yang diperlukan untuk melalui simpang [1]. Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$D = DT + DG$$

Tundaan total (smp.det) adalah perkalian antara tundaan rata-rata dengan arus lalulintas ( $D \times Q$ ). Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang ( $D_j$ ) didapat dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total yang dihitung berdasarkan formula berikut [3]:

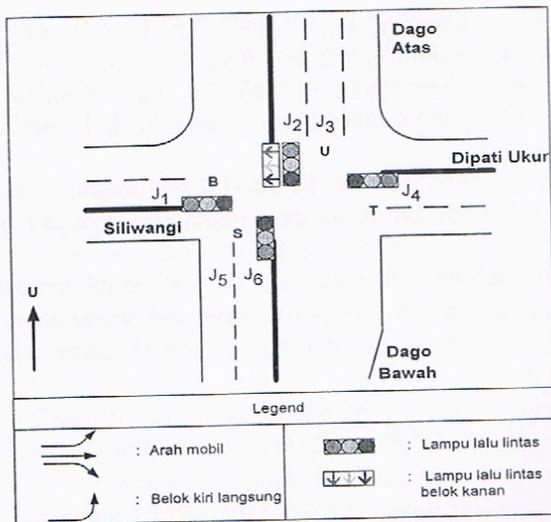
$$D_I = \frac{\sum(Q_x \cdot D_j)}{Q_{TOTAL}} \text{ (det/smp)}$$

### 3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 3.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan untuk penelitian di Simpang Dago ini adalah sebagai berikut :

- Volume lalu lintas yang melalui Simpang Dago, Bandung. Pencatatan dilakukan selama jam sibuk selama 2 jam, dengan interval waktu 15 menit.
- Durasi lampu hijau.
- Geometrik persimpangan.



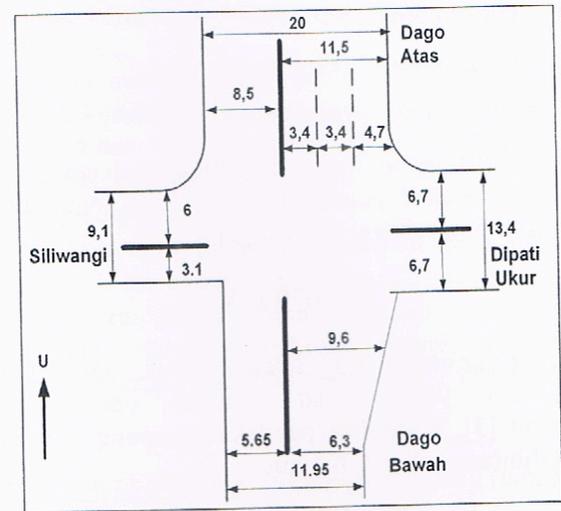
Gambar 1. Jalur Lalu Lintas

Tabel 2 Durasi Waktu Lampu Lalu Lintas Saat Ini

No	Lampu Lalu Lintas	Waktu Nyala Lampu (s)			Total Waktu Siklus
		Merah	Kuning	Hijau	
1	Dago Atas	51	3	95	149
2	Lampu Belok Kanan Dago Atas	104	3	42	
3	Dago Bawah	98	3	48	
4	Dipati Ukur	102	3	44	
5	Siliwangi	102	3	44	

#### 3.2 Perhitungan Kondisi Awal

Dari hasil perhitungan MKJI kondisi awal pada tabel 3 dan 4 di bawah ini didapatkan hasil bahwa derajat kejenuhan pada pergerakan B dan U pada pagi hari melebihi nilai 0,85 (batas yang



Gambar 2 Geometrik Persimpangan

disarankan oleh MKJI 1997). Dari hasil evaluasi diperoleh pula tundaan rata-rata pada pagi hari sebesar 125.968 detik / smp, siang hari sebesar 87.221 detik / smp, dan sore hari sebesar 169.314 detik / smp

Tabel 3 Ukuran Performansi Simpang Dago Kondisi Sekarang

Kondisi	Jalur	Panjang Antrian ( meter )	Angka Henti	Tundaan Total ( detik.smp )
Pagi	1	717.55	3.55	363917.59
	2	119.73	1.07	25499.81
	3	270.92	0.85	41146.66
	4	180.81	0.82	41950.18
	5	107.52	0.83	19730.79
	6	106.49	0.83	19562.58
Siang	1	451.33	2.51	195977.31
	2	97.98	0.93	21806.36
	3	197.29	0.73	27797.78
	4	157.89	0.80	36380.64
	5	114.58	0.86	21114.71
	6	119.03	0.86	21994.40
Sore	1	987.15	4.62	544136.31
	2	114.70	0.94	25760.15
	3	195.05	0.75	27644.23
	4	194.84	0.85	45680.61
	5	138.69	0.94	25948.94
	6	147.96	0.94	27894.60

Tabel 4 Derajat Kejenuhan Kondisi Awal

Pergerakan	Arus Jenuh (smp/jam/hijau)	Derajat Kejenuhan		
		Pagi	Siang	Sore
B	3504.060	1.190	1.096	1.285
U	7129.072	0.902	0.815	0.832
T	4609.332	0.714	0.665	0.767
S	4349.709	0.714	0.755	0.846

### 3.3 Perhitungan Kondisi Sekarang Optimum

Perbaikan simpang dengan pengubahan waktu siklus dilakukan dengan mengubah waktu siklus. Pertama-tama yang dilakukan adalah mengoptimalkan waktu hijau untuk tiap fase pada Simpang Dago. Pengoptimalan waktu hijau tiap fase ini dilakukan berdasarkan harga perbandingan maksimum antara volume dan arus jenuhnya (Y). Dari hasil evaluasi diperoleh hasil ukuran performansi yaitu: panjang antrian, angka henti, dan tundaan simpang rata-rata yang nilai-nilainya dapat dilihat pada tabel 5.

Dari hasil evaluasi diperoleh pula tundaan rata-rata pada pagi hari sebesar 75.844 detik / smp, siang hari sebesar 52.137 detik / smp, dan sore hari sebesar 76.678 detik / smp. Perencanaan perbaikan kinerja dilakukan pada sore hari, karena pada sore hari

terjadi tundaan rata-rata paling besar. Dipilih tundaan terbesar karena apabila yang terbesar sudah terselesaikan masalahnya maka masalah untuk tundaan yang lebih kecil otomatis akan terselesaikan juga.

Tabel 5. Ukuran Performansi Simpang Dago Dengan Waktu Siklus 149 Optimum

Kondisi	Jalur	Panjang Antrian ( meter )	Angka Henti	Tundaan Total ( detik.smp )
Pagi	1	282.47	1.40	96331.45
	2	225.47	2.02	41339.89
	3	411.78	1.29	91678.65
	4	164.05	0.75	34976.12
	5	115.05	0.89	22015.42
	6	113.98	0.89	21814.55
Siang	1	176.23	0.98	48241.54
	2	115.85	1.10	25438.09
	3	241.87	0.89	40442.86
	4	142.19	0.72	30024.01
	5	126.45	0.95	24577.10
	6	131.11	0.94	25592.78
Sore	1	268.11	1.26	83078.99
	2	189.52	1.55	39830.43
	3	308.37	1.19	63729.75
	4	165.21	0.72	33569.21
	5	215.40	1.46	46007.14
	6	225.30	1.42	49467.85

### 3.4 Perhitungan Waktu Siklus Optimum

Perbaikan simpang dengan pengubahan waktu siklus dilakukan dengan mengubah waktu siklus berdasarkan volume kendaraan yang melalui simpang tersebut. Oleh karena itu, waktu siklus optimum dicari dengan membuat grafik hubungan antara tundaan simpang rata-rata dengan waktu siklus pada waktu

rencana (pagi hari). Perhitungan dilakukan dengan *trial and error* dimaksudkan agar dapat mengetahui perubahan dari tundaan simpang rata-rata Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata pada berbagai waktu siklus disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Perhitungan Waktu Siklus Optimum Metode MKJI 1997

Waktu Siklus (detik)	Tundaan Simpang Rata-Rata (detik/smp)	Waktu Siklus (detik)	Tundaan Simpang Rata-Rata (detik/smp)
40	437.043	151	76.568
50	298.433	152	76.526
60	219.748	153	76.491
70	170.324	154	76.464
80	137.581	155	76.445
90	115.389	156	76.432
100	100.347	157	76.426
110	90.325	158	76.427
120	83.855		
130	79.879		
140	77.642		
150	76.619		
160	76.449		
170	76.888		

Pada tabel 6 dapat dilihat bahwa tundaan simpangan rata-rata minimum terjadi antara 150-160-170 detik dan dengan *trial and error* interval per 1 detik didapatkan hasil yaitu waktu siklus optimum sebesar 157 detik. Dengan menggunakan waktu siklus

optimum 157 detik tersebut ditentukan durasi waktu hijau pada tiap fase di Simpang Dago yang tersaji pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7 Durasi Waktu Hijau Waktu Siklus Optimum (157 Detik)

No	Lampu Lalu Lintas	Waktu Nyala Lampu (s)			Total Waktu Siklus
		Merah	Kuning	Hijau	
1	Dago Atas	68	3	86	157
2	Lampu Belok Kanan Dago Atas	117	3	37	
3	Dago Bawah	110	3	44	
4	Dipati Ukur	93	3	61	
5	Siliwangi	93	3	61	

Pada tabel 8 dan 9 di bawah ini disajikan ukuran performansi yang terdapat pada perhitungan waktu siklus optimum yaitu panjang antrian, angka henti, dan tundaan total. Di mana ketiga ukuran

tersebut mengalami perbaikan dibanding kondisi sekarang sehingga waktu siklus 157 detik ini benar dapat meningkatkan ukuran performansi dari persimpangan Dago.

Tabel 8 Derajat Kejenuhan Simpang Dago Waktu Siklus Optimum (157 Detik)

Pergerakan	Arus Jenuh (smp/jam/hijau)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
B	3504.060	1379.417	0.986
U	7129.072	1752.757	0.976
T	3908.646	1538.687	0.588
S	3370.847	957.469	0.980

Tabel 9 Ukuran Performansi Simpang Dago Waktu Siklus Optimum (157 Detik)

	Jalur	Panjang Antrian (meter)	Angka Henti	Tundaan Total (detik.smp)
Sore	1	271.166	1.205	81683.825
	2	188.855	1.463	40054.769
	3	313.124	1.145	62924.629
	4	173.432	0.715	34969.065
	5	216.661	1.397	45785.693
	6	227.075	1.362	49229.749

Dari hasil analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa waktu siklus optimum yang dihitung dengan metode *trial and error* sebesar 157 detik lebih besar dari waktu siklus yang disarankan MKJI 1997, yaitu 50 - 100 detik untuk pengaturan sinyal tiga fase. Selain itu derajat kejenuhan masih di atas batas yang disarankan untuk MKJI 1997 ( lebih dari 0,85 ) untuk 3 pendekat yaitu B, U dan S.

Pengambilan keputusan bergantung apakah menitik-beratkan pada *delay* pengemudi atau mematuhi ketentuan MKJI 1997. Waktu siklus yang lebih dari 130 detik dapat diterapkan pada kasus khusus seperti untuk kota-kota dengan kemacetan yang tinggi untuk meningkatkan kapasitas simpang. Dalam hal ini kota dengan kemacetan tinggi di Indonesia adalah Jakarta,

kemacetan tinggi di Indonesia adalah Jakarta, Bandung, dan Surabaya. Waktu siklus 157 detik ini layak diterapkan mengingat perubahan delay simpang rata-rata dari 169.314 detik / smp (kondisi sekarang) menjadi 76.426 detik / smp adalah perubahan yang sangat besar.

#### 4. KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan dan saran dari hasil penelitian :

- a. Waktu siklus lampu lalu lintas optimal yang dapat meminimasi tundaan simpang rata-rata pada Simpang Dago dengan Metode MKJI 1997 adalah sebesar 157 detik.
- b. Waktu nyala lampu lalu lintas optimal yang dapat meminimasi tundaan simpang rata-rata berdasarkan Metode MKJI 1997 telah dapat ditentukan dari penelitian ini.

Berikut adalah saran-saran dari penelitian

- a. Sebaiknya waktu siklus lampu lalu lintas pada Simpang Dago menggunakan waktu siklus lampu lalu lintas optimal dengan Metode MKJI 1997 adalah sebesar 157 detik.
- b. Perlu adanya pemikiran tentang perbaikan kinerja Simpang Dago dengan memperbaiki waktu antar hijau, perbaikan manajemen simpang, maupun pelebaran lebar pendekat yang ada di Simpang Dago

#### 1. REFERENSI

- [1] Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta.
- [2] Clark, James E. 2007. *Assesing the Sensibility of Signal Timing Split Optimization In Addressing Congestion*.  
([www.ite.org/meetcon/2007AM/Session\\_14\\_James%20Clark.pdf](http://www.ite.org/meetcon/2007AM/Session_14_James%20Clark.pdf)).
- [3] Munawar, Ahmad. 2004. *Manajemen Lalu Lintas Perkotaan*. BETA Offset. Yogyakarta.
- [4] Winston, Wayne L. 1994. *Operation Research Application and Algorithms*. Third Edition. Duxbury Press. California.
- [5] Roess, Roger P; Mcshane, William R; Prassas, Elena S. 2004. *Traffic Engineering*. Second Edition. Prentice Hall. New Jersey.
- [6] Blank, Leland. 1982. *Statistical Procedures For engineering, Mannagement, And Science*. International Student Edition. McGraw-Hill. Tokyo

- [7] Law, A., dan David Kelton. 1991. *Simulation and Modeling Analysis*. McGraw-Hill. NewYork