

BAB IV

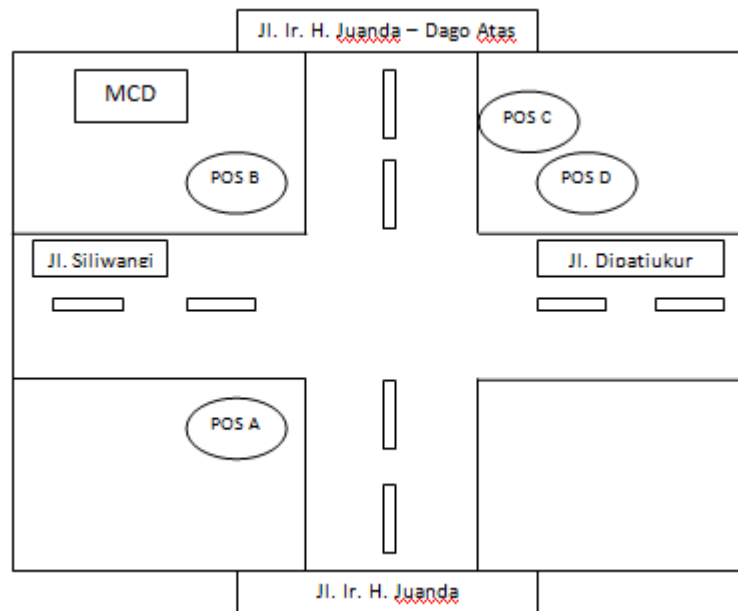
ANALISIS PERHITUNGAN

4.1 Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data primer yang diambil langsung dari hasil survey dilapangan selama empat (4) hari, yaitu pada saat bulan ramadhan satu (1) hari *weekday* dan satu (1) hari *weekend*. Lalu saat sesudah maupun sebelum bulan ramadhan satu (1) hari *weekday* dan satu (1) hari *weekend*.

4.2 Data Survey Geometrik

Lokasi penelitian adalah Simpang Dago Kota Bandung



Gambar 4-1 Lokasi penelitian

Tabel 4-1 Data Geometrik Simpang Dago

Nama Jalan	Lebar (m)	Jumlah Lajur
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas (Utara)	12,5	4
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Bawah (Selatan)	6,5	2
Jl. Siliwangi (Barat)	8,6	3
Jl. Dipatiukur (Timur)	7,1	2

4.3 Data Teknis Jalan

Kegiatan pengumpulan data dilakukan selama 4 hari, lebih tepatnya :

1. 4 Mei 2019
2. 15 Mei 2019
3. 18 Mei 2019
4. 20 Juni 2019

Pengumpulan data dilaksanakan pada waktu jam puncak (pagi pukul 06:00-08:00, siang pukul 11:00-13:00, dan sore pukul 16:00-18:00).

4.3.1 Data Arus Lalu Lintas

Data diperoleh dari hasil survey lapangan dalam satuan kendaraan perjam. Kemudian dikonversikan menjadi dalam satuan mobil penumpang sesuai dengan rencana pendekat. Faktor Konversi untuk masing-masing pendekat kendaraan tercantum dalam table berikut.

Tabel 4-2 Faktor Konversi Kendaraan

No	Tipe Kendaraan	Empiris untuk tipe pendekat	
		Terlindung	Terlawan
1	Sepeda motor (MC)	1.0	1.0
2	Kendaraan ringan (LV)	1.3	1.3
3	Kendaraan berat (HV)	0.2	0.4

(Sumber : MKJI 1997)

Setelah dilakukan survey, lalu data arus tertinggi pada jam puncak tertentu akan menjadi acuan untuk menganalisis kinerja pada simpang dago. Data-data itu kemudian digunakan untuk perhitungan kapasitas, tundaan dan panjang antrian pada persimpangan. Data tertinggi diambil karena merupakan data maksimum dimana terjadi arus lalu lintas yang padat, sehingga dianggap dapat mewakili data lainnya.

4.4 Perhitungan Kinerja Simpang Dago Dengan MKJI 1997

4.4.1 Faktor Penyesuaian

4.4.1.1 Faktor penyesuaian Ukuran Kota (FCS)

Jumlah penduduk Kota Bandung adalah 2.452.179 jiwa (sumber data : Dinas Catatan Sipil 2018). Nilai FCS bisa didapat dari tabel.

Tabel 4-4 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota (FCS)
> 3,0	1,05
1,0 - 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
< 0,1	0,82

(Sumber : MKJI 1997)

4.4.1.2 Faktor penyesuaian untuk Tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan Kendaraan tak bermotor (Fsf)

Tabel 4-5 Tipe Lingkungan Jalan

Tipe lingkungan jalan	Penjelasan
Komersial	Guna lahan komersial (misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Permukiman	Guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Akses terbatas	Tanpa jalan masuk atau jalan masuk langsung terbatas (misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan samping dsb).

(Sumber : MKJI 1997)

Tabel 4-6 Tingkat Hambatan Samping

Hambatan Samping	Kriteria
Tinggi	Besar arus berangkat pada tempat masuk dan ke luar berkurang oleh karena aktivitas disamping jalan pada pendekatan seperti angkutan umum berhenti, pejalan kaki berjalan sepanjang atau melintas pendekatan, keluar-masuk halaman disamping jalan dsb.
Sedang	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang terganggu dan sedikit berkurang akibat aktivitas samping jalan.

Hambatan Samping	Kriteria
Rendah	Besar arus berangkat pada tempat masuk dan keluar tidak berkurang oleh hambatan samping dari jenis-jenis yang disebut di atas.

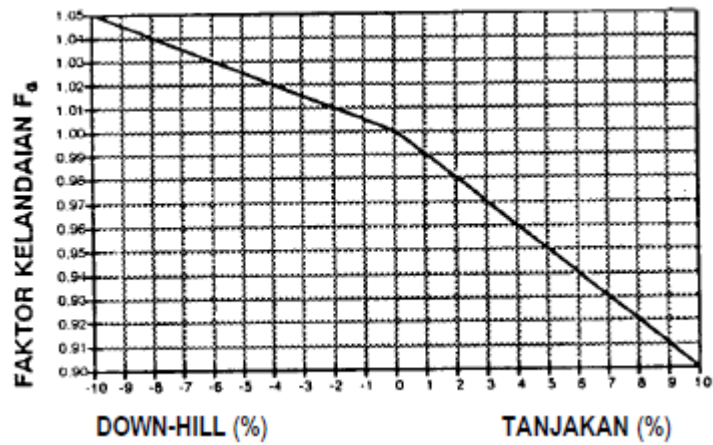
(Sumber : MKJI 1997)

Tabel 4-7 Faktor Penyesuaian untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (Fsf)

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial (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	0.89	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	0.74
	“	Terlindung	0.98	0.96	0.94	0.91	0.88	0.86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/	Terlawan	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
	Sedang/	Terlindung	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88
	Rendah							

(Sumber : MKJI 1997)

4.4.1.3 Faktor penyesuaian kelandaian (Fg)



Gambar 4-2 Faktor penyesuaian kelandaian (Fg)

(Sumber : MKJI 1997)

4.4.1.4 Faktor penyesuaian parkir (Fp)

Jika tanpa parkir maka nilai $F_p = 1$

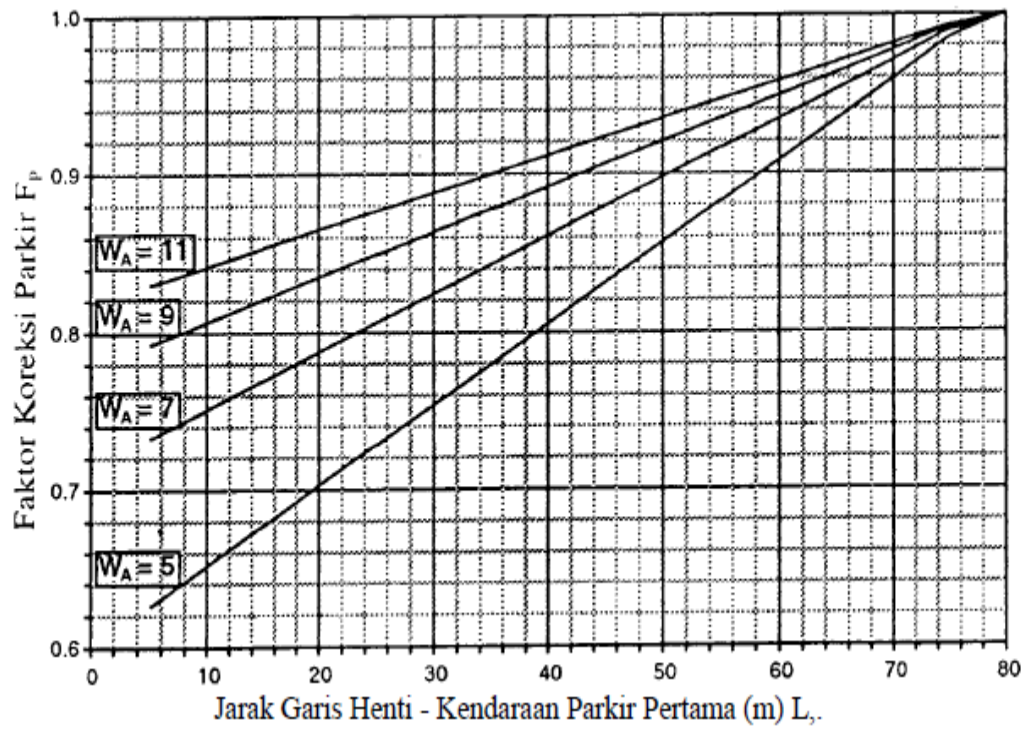
$$F_p = \frac{[L_p/3 - (WA - 2) \times (L_p/3 - g)/WA]}{g} \dots \dots \dots 4.1$$

Dimana :

L_p = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)

WA = Lebar pendekat (m)

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



Gambar 4-3 Lokasi penelitian

(Sumber : MKJI 1997)

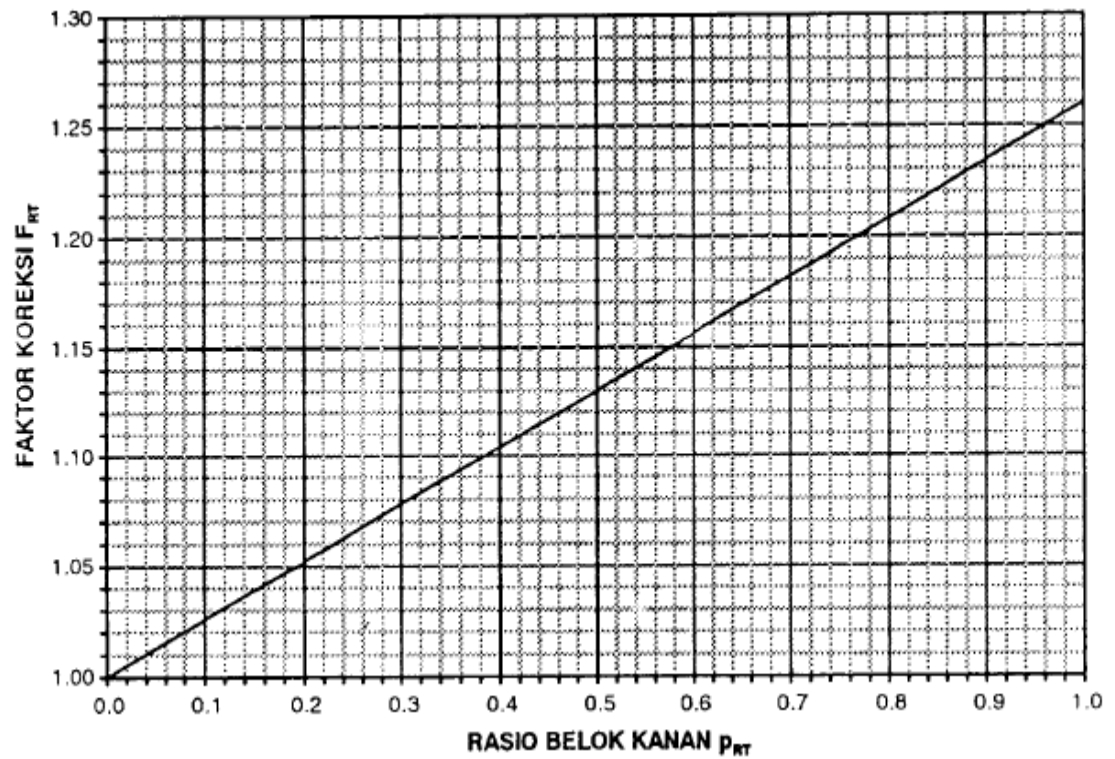
4.4.1.5 Faktor penyesuaian belok kanan (FRT)

$$FRT = 1,0 + PRT \times 0,26 \dots \dots \dots 4.2$$

Dimana :

$$PRT = \text{Rasio belok kanan}$$

Atau dapatkan nilainya dari Gambar 4-4 dibawah



Gambar 4-4 Faktor penyesuaian belok kanan (FRT)

(Sumber : MKJI 1997)

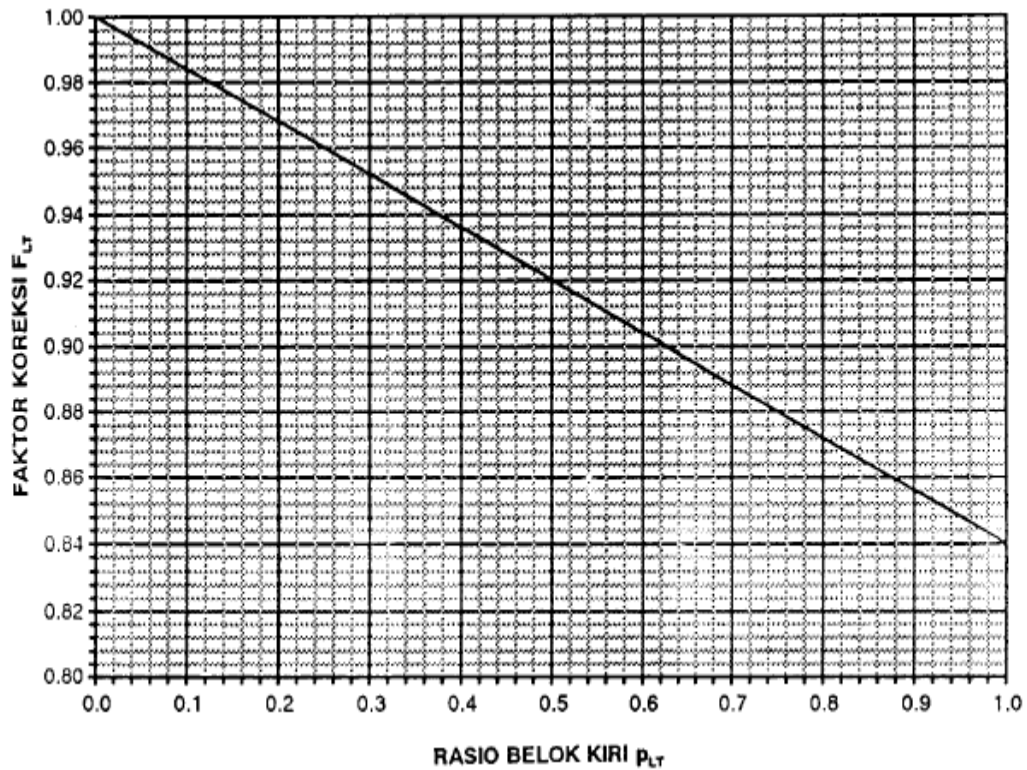
4.4.1.6 Faktor penyesuaian belok kiri (FLT)

$$FLT = 1,0 - PLT \times 0,16 \dots \dots \dots 4.3$$

Dimana :

$$PLT = \text{Rasio belok kiri}$$

Atau dapatkan nilainya dari Gambar 4-5 dibawah



Gambar 4-5 Faktor penyesuaian belok kiri (FLT)
(Sumber : MKJI 1997)

4.4.2 Arus Jenuh

Rumus yang digunakan pada kondisi eksisting untuk faktor arus jenuh dasar untuk arus terlindung adalah ($S_o = 600 \times \text{lebar efektif } W_e$). Analisis simpang ini dilakukan berdasarkan pada data jam puncak tanggal 15 Mei 2019 (*weekday*) dan 18 Mei 2019 (*weekend*) jam 17:00-18:00.

Tabel 4-8 Perhitungan Arus Jenuh

Pendekat	Tipe Pendekat	Lebar Efektif	S_o (smp/waktu hijau)
Utara	P (Terlindung) / (Terlawan)	12,5	7.500
Selatan	P (Terlindung) / (Terlawan)	6,5	3.900
Barat	P (Terlindung) / (Terlawan)	8,6	5.160
Timur	P (Terlindung) / (Terlawan)	7,1	4.260

Tabel 4-9 Perhitungan Arus Jenuh Pada Jam Puncak (*weekend*)

Pendekat	So (smp/jam)	Faktor Penyesuaian						S (smp/jam)
		Fcs	Fsf	Fg	FP	FRT	FLT	
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	7.500	1	0,93	1	1	1,072	0,966	7.222,975
Jl. Ir. H. Juanda	3.900	1	0,95	1	1	1,005	0,994	3.701,184
Jl. Siliwangi	5.160	1	0,94	1	1	1,031	0,915	4.575,697
Jl. Dipatiukur	4.260	1	0,92	1	1	1,148	0,989	4.449,750

Tabel 4-10 Perhitungan Arus Jenuh Pada Jam Puncak (*weekday*)

Pendekat	So (smp/jam)	Faktor Penyesuaian						S (smp/jam)
		Fcs	Fsf	Fg	FP	FRT	FLT	
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	7.500	1	0,93	1	1	1,055	0,962	7.078,997
Jl. Ir. H. Juanda	3.900	1	0,95	1	1	1,010	0,994	3.719,598
Jl. Siliwangi	5.160	1	0,94	1	1	1,034	0,920	4.614,088
Jl. Dipatiukur	4.260	1	0,94	1	1	1,138	0,987	4.497,766

4.4.3 Rasio Arus Jenuh

Setelah dilakukannya perhitungan nilai arus jenuh kemudian bisa dilakukan perhitungan nilai Rasio Arus (FR) dan nilai Rasio Fase, maka diperoleh Rasio Arus Simpang (IFR). Hasil perhitungan Rasio arus untuk seluruh pendekat dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 4-11 Perhitungan Rasio Arus (*weekend*)

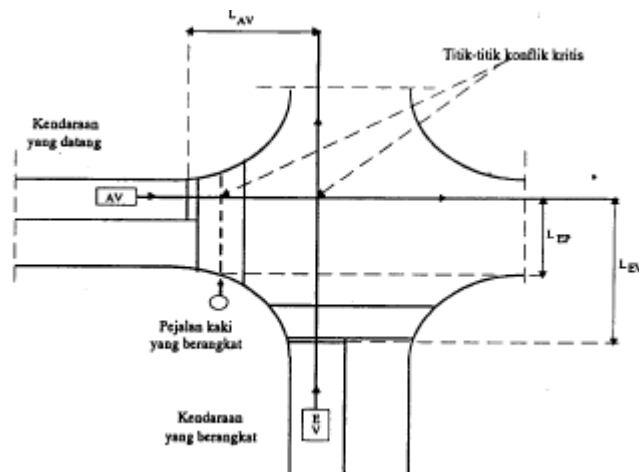
Pendekat	Q (smp/jam)	S	FR (Q/S)
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	1.866	7.222,975	0,258
Jl. Ir. H. Juanda	822	3.701,184	0,222
Jl. Siliwangi	1.259	4.575,697	0,275
Jl. Dipatiukur	561	4.449,750	0,123

Tabel 4-12 Perhitungan Rasio Arus (*weekday*)

Pendekat	Q (smp/jam)	S	FR (Q/S)
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	1.569	7.078,997	0,222
Jl. Ir. H. Juanda	761	3.719,598	0,204
Jl. Siliwangi	1.272	4.614,088	0,276
Jl. Dipatiukur	418	4.497,766	0,093

4.4.4 Data Waktu Siklus dan Waktu Sinyal

4.4.4.1 Perhitungan waktu merah semua



Gambar 4-6 Titik Konflik Kritis dan Jarak untuk Keberangkatan dan Kedatangan

(Sumber : MKJI 1997)

$$MERAH\ SEMUA_i = \left[\frac{(L_{EV} + l_{ev})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right] \dots \dots \dots 4.4$$

Dimana :

LEV, LAV = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

IEV = Panjang kendaraan yang berangkat (m)

V_{EV}, V_{AV} = Kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det)

Kecepatan kendaraan yang datang

V_{AV} = 10 m/det (kend. bermotor)

Kecepatan kendaraan yang berangkat

V_{EV} = 10 m/det (kend. bermotor)
3 m/det (kend. tak bermotor)

IEV = 5 m (LV atau HV)
2 m (MC atau UM)

Contoh perhitungan

$$\begin{aligned} \text{MERAH SEMUA} &= \left[\frac{(L_{EV} + I_{ev})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right] \\ &= \left[\frac{(21 + 5)}{10} - \frac{16}{10} \right] \\ &= \left[\frac{26}{10} - \frac{16}{10} \right] \\ &= 1 \end{aligned}$$

4.4.4.2 Waktu hilang

Setelah periode merah semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung.

$$LTI = \sum (\text{MERAH SEMUA} + \text{KUNING})$$

Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{LTI} &= \sum (\text{MERAH SEMUA} + \text{KUNING}) \dots\dots\dots 4.5 \\
 &= 4 + 8 \\
 &= 12 \text{ (det)}
 \end{aligned}$$

4.4.4.3 Perhitungan rasio arus simpang (IFR)

$$\begin{aligned}
 \text{IFR (weekend)} &= \sum (\text{FRcrit}) \\
 &= 0,878
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{IFR (weekday)} &= \sum (\text{FRcrit}) \\
 &= 0,795
 \end{aligned}$$

4.4.4.4 Perhitungan rasio fase (PR)

$$\text{PR} = \text{FR} / \text{IFR} \dots\dots\dots 4.6$$

Tabel 4-13 Perhitungan Rasio Fase (*weekend*)

Pendekat	FR	IFR	PR (FR/IFR)
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	0,258	0,878	0,294
Jl. Ir. H. Juanda	0,222	0,878	0,253
Jl. Siliwangi	0,275	0,878	0,313
Jl. Dipatiukur	0,123	0,878	0,140

Tabel 4-14 Perhitungan Rasio Fase (*weekday*)

Pendekat	FR	IFR	PR (FR/IFR)
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	0,222	0,795	0,279
Jl. Ir. H. Juanda	0,204	0,795	0,257
Jl. Siliwangi	0,276	0,795	0,347
Jl. Dipatiukur	0,093	0,795	0,117

4.4.4.5 Waktu siklus sebelum penyesuaian

Hitung waktu siklus sebelum penyesuaian (Cua) untuk pengendalian waktu tetap.

$$\text{Cua} = (1,5 \times \text{LTI} + 5) / (1 - \text{IFR}) \dots \dots \dots 4.7$$

Dimana :

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

IFR = Rasio arus simpang

Perhitungan *weekend*

LTI = 12 det

IFR = 0,878

$$\begin{aligned} \text{Cua} &= (1,5 \times \text{LTI} + 5) / (1 - \text{IFR}) \\ &= (1,5 \times 12 + 5) / (1 - 0,878) \\ &= 188 \text{ det} \end{aligned}$$

Perhitungan *weekday*

LTI = 12 det

IFR = 0,795

$$\begin{aligned} \text{Cua} &= (1,5 \times \text{LTI} + 5) / (1 - \text{IFR}) \\ &= (1,5 \times 12 + 5) / (1 - 0,795) \\ &= 112 \text{ det} \end{aligned}$$

4.4.4.6 Waktu hijau

Hitung waktu hijau (g) untuk masing-masing fase :

$$g_i = (Cua - LTI) \times PR_i \dots\dots\dots 4.8$$

dimana :

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase I (det)

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total

PR = Rasio fase

Tabel 4-15 Perhitungan Waktu Hijau (*weekend*)

Pendekat	PR	Cua	LTI	g
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	0,287	188	12	50
Jl. Ir. H. Juanda	0,232	188	12	41
Jl. Siliwangi	0,372	188	12	65
Jl. Dipatiukur	0,107	188	12	19

Tabel 4-16 Perhitungan Waktu Hijau (*weekday*)

Pendekat	PR	Cua	LTI	g
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	0,279	112	12	28
Jl. Ir. H. Juanda	0,257	112	12	26
Jl. Siliwangi	0,347	112	12	35
Jl. Dipatiukur	0,117	112	12	12

4.4.4.7 Waktu siklus yang disesuaikan

Hitung waktu siklus yang disesuaikan (c) berdasar pada waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang (LTI).

Perhitungan *weekend* :

$$\begin{aligned}
 C &= \sum g + LTI \\
 &= (50 + 41 + 65 + 19) + 12 \\
 &= 187 \text{ det}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *weekday* :

$$\begin{aligned}
 C &= \sum g + LTI \\
 &= (28 + 26 + 35 + 12) + 12 \\
 &= 113 \text{ det}
 \end{aligned}$$

4.4.5 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Kapasitas (C) diperoleh dengan perkalian arus jenuh dengan (GR) rasio hijau (g/c) pada masing-masing pendekat, menggunakan rumus : $C = S \times g/c$ dan $DS = Q/C$. Hasil Perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan untuk seluruh pendekat dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 4-17 Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan (*weekend*)

Pendekat	S	g (detik)	c (detik)	Q (smp/jam)	C (smp/jam)	DS
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	7.222,975	50	187	1866	1.931	0,97
Jl. Ir. H. Juanda	3.701,184	41	187	822	811	1,01
Jl. Siliwangi	4.575,697	65	187	1259	1590	0,79
Jl. Dipatiukur	4.449,750	19	187	561	452	1,24

Tabel 4-18 Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan (*weekend*)

Pendekat	S	g (detik)	c (detik)	Q (smp/jam)	C (smp/jam)	DS
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	7.078,997	28	113	1.569	1.754	0,89
Jl. Ir. H. Juanda	3.719,598	26	113	761	856	0,89
Jl. Siliwangi	4.614,088	35	113	1.272	1429	0,89
Jl. Dipatiukur	4.497,766	12	113	418	478	0,87

4.4.6 Panjang Antrian (QL)

4.4.6.1 Perhitungan jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

Untuk menghitung panjang antrian, digunakan rumus :

Untuk $DS > 0,5$:

$$NQ_1 = 0.25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0.5)}{c}} \right] \dots\dots\dots 4.9$$

Untuk $DS < 0,5$: $NQ_1 = 0$

Dimana :

NQ_1 = jumlah fase yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam)

4.4.6.2 Perhitungan jumlah smp yang datang selama fase merah

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots 4.10$$

NQ2 = jumlah smp yang dihitung selama fase merah

c = Waktu siklus (det)

Qmasuk = Arus lalu-lintas diluar LTOR (smp/jam)

GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

4.4.6.3 Perhitungan jumlah antrian rata-rata pada awal sinyal hijau

$$NQ = NQ1 + NQ2 \dots\dots\dots 4.11$$

NQ = Jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau.

NQ1 = jumlah fase yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

NQ2 = jumlah smp yang dihitung selama fase merah

4.4.6.4 Perhitungan panjang antrian

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{MASUK}} \dots\dots\dots 4.12$$

Dimana :

QL = Panjang antrian

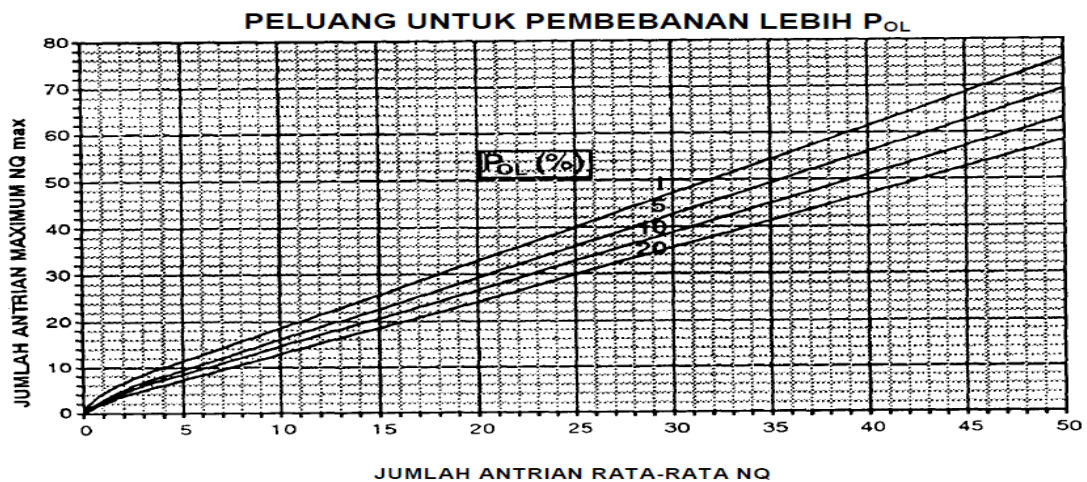
Wmasuk = Lebar masuk

Tabel 4-19 Perhitungan Panjang Antrian QL (*weekend*)

Pendekat	NQ1 (smp)	NQ2 (smp)	Panjang Antrian $NQ=NQ1+NQ2$ (smp)	NqMax	Pajang Antrian QL (meter)
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	11	76	87	87	139
Jl. Ir. H. Juanda	16	43	59	59	181
Jl. Siliwangi	1	29	30	39	91
Jl. Dipatiukur	7	29	36	46	129

Tabel 4-20 Perhitungan Panjang Antrian QL (*weekday*)

Pendekat	NQ1 (smp)	NQ2 (smp)	Panjang Antrian $NQ=NQ1+NQ2$ (smp)	NqMax	Pajang Antrian QL (meter)
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	3	47	50	63	101
Jl. Ir. H. Juanda	3	23	26	34	105
Jl. Siliwangi	3	38	41	52	121
Jl. Dipatiukur	3	13	16	22	62



Gambar 4-7 Perhitungan Jumlah antrian (NQmaks) dalam smp

(Sumber : MKJI 1997)

4.4.7 Kendaraan Berhenti

4.4.7.1 Perhitungan angka henti (NS)

Hitung angka henti (NS) masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp dengan rumus dibawah ini.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots 4.13$$

Dimana :

- NS = Jumlah rata-rata berhenti per smp
- NQ = Jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau.
- c = Waktu siklus (det)
- Q = Arus lalu-lintas (smp/jam)

4.4.7.2 Perhitungan jumlah kendaraan terhenti (Nsv)

Hitung jumlah kendaraan terhenti (Nsv) masing-masing pendekat.

$$N_{SV} = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots 4.14$$

Dimana :

- Nsv = jumlah kendaraan terhenti
- Q = Arus lalu-lintas (smp/jam)
- NS = Jumlah rata-rata berhenti per smp

4.4.7.3 Perhitungan angka henti seluruh simpang (NS_{tot})

Hitung angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend./jam.

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{TOT}} \dots\dots\dots 4.15$$

Dimana :

NS_{tot} = Angka henti seluruh simpang

$\sum N_{sv}$ = Jumlah kendaraan terhenti seluruh pendekat

Tabel 4-21 Hasil perhitungan kendaraan berhenti (*weekend*)

Pendekat	NQ	Q	c	NS	Nsv	Qtot	$\sum N_{sv}$	NS _{tot}
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	87	1.866	187	0,81	1.511	9.238	3.669	0,397
Jl. Ir. H. Juanda	59	822	187	1,24	1.019	9.238	3.669	0,397
Jl. Siliwangi	30	1.259	187	0,41	516	9.238	3.669	0,397
Jl. Dipatiukur	36	561	187	1,11	623	9.238	3.669	0,397

Tabel 4-22 Hasil perhitungan kendaraan berhenti (*weekday*)

Pendekat	NQ	Q	c	NS	Nsv	Qtot	$\sum N_{sv}$	NS _{tot}
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	50	1.569	113	0,91	1.428	8.153	3.804	0,466
Jl. Ir. H. Juanda	26	761	113	0,98	746	8.153	3.804	0,466
Jl. Siliwangi	41	1.272	113	0,92	1.170	8.153	3.804	0,466
Jl. Dipatiukur	16	418	113	1,10	460	8.153	3.804	0,466

4.4.8 Tundaan Rata-rata (D)

Tundaan yang terjadi pada setiap kendaraan dapat diakibatkan oleh tundaan lalu lintas rata-rata (DT), tundaan akibat geometric (DG), dan tundaan rata-rata tiap pendekat (D) adalah jumlah dari tundaan lalu lintas rata-rata.

4.4.8.1 Perhitungan tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat (DT)

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \dots\dots\dots 4.16$$

Dimana :

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

c = Waktu siklus (det)

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

GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)

Tabel 4-23 Perhitungan Tundaan Lalu-lintas Rata-rata (*weekend*)

Pendekat	C	A	NQ1	GR	DS	C	DT
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	187	0,362	11	0,267	0,97	1.931	88,201
Jl. Ir. H. Juanda	187	0,391	16	0,219	1,01	811	144,140
Jl. Siliwangi	187	0,294	1	0,347	0,79	1590	57,242
Jl. Dipatiukur	187	0,461	7	0,102	1,24	452	141,959

Tabel 4-24 Perhitungan Tundaan Lalu-lintas Rata-rata (*weekday*)

Pendekat	c	A	NQ1	GR	DS	C	DT
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	113	0,363	3	0,248	0,89	1.754	47,880
Jl. Ir. H. Juanda	113	0,373	3	0,230	0,89	856	54,766
Jl. Siliwangi	113	0,329	3	0,310	0,89	1429	44,735
Jl. Dipatiukur	113	0,440	3	0,106	0,87	478	72,314

4.4.8.2 Perhitungan tundaan geometrik (DG)

$$DG = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \text{ (det/smp)} \dots\dots\dots 4.17$$

Dimana :

Dg = Tundaan Geometrik (det/smp)

Psv = Rasio kendaraan terhenti = Min (NS,1)

PT = Rasio kendaraan berbelok = Qbelok total / Qtot

6 = Tundaan geometrik normal untuk kendaraan belok yang tak terganggu (det/smp)

4 = Tundaan geometrik normal untuk kendaraan yang terganggu (det/smp)

Tabel 4-25 Perhitungan Tundaan Geometrik (*weekend*)

Pendekat	Qbelok total	Qtot	PT	Psv	DG
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	4.369	9.238	0,473	0,81	4
Jl. Ir. H. Juanda	4.369	9.238	0,473	1,24	4,279
Jl. Siliwangi	4.369	9.238	0,473	0,41	4
Jl. Dipatiukur	4.369	9.238	0,473	2,66	4,128

Tabel 4-26 Perhitungan Tundaan Geometrik (*weekday*)

Pendekat	Qbelok total	Qtot	PT	Psv	DG
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	3.867	8.153	0,474	0,81	4
Jl. Ir. H. Juanda	3.867	8.153	0,474	1,24	4
Jl. Siliwangi	3.867	8.153	0,474	0,41	4
Jl. Dipatiukur	3.867	8.153	0,474	2,66	4,116

Setelah didapat nilai DG dan DT maka bisa diketahui berapa tundaan simpangnya

4.4.8.3 Perhitungan tundaan simpang rata-rata

$$D_1 = \frac{\sum(D \times Q)}{Q_{\text{total}}} \text{ (det/smp) } \dots\dots\dots 4.18$$

Dimana :

D1 = Tundaan rata-rata untuk semua simpang

Q = Tundaan rata-rata untuk semua simpang (smp/jam)

D = Tundaan rata-rata pendekat (smp/jam)

Qtot = Arus total

Tabel 4-27 Perhitungan Tundaan untuk Seluruh Pendekat (*weekend*)

Pendekat	Q	DT	DG	D=DT+DG	DxQ (det/smp)	Dsimpang (det/smp)
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	1.866	88,201	4	92,201	172.047,066	49,048
Jl. Ir. H. Juanda	822	144,140	4,279	148,419	122.000,418	
Jl. Siliwangi	1.259	57,242	4	61,242	77.103,678	
Jl. Dipatiukur	561	141,959	4,128	146,087	81.954,807	
					$\Sigma = 453.105,969$	

Tabel 4-28 Perhitungan Tundaan untuk Seluruh Pendekat (*weekday*)

Pendekat	Q	DT	DG	D=DT+DG	DxQ (det/smp)	Dsimpang (det/smp)
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	1.569	47,880	4	51,880	81.399,720	26,991
Jl. Ir. H. Juanda	761	54,766	4	58,766	44.720,926	
Jl. Siliwangi	1.272	44,735	4	48,735	61.990,920	
Jl. Dipatiukur	418	72,314	4,116	76,430	31.947,740	
					$\Sigma = 220.059,306$	

4.4.6 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan pada setiap pendekat diperoleh berdasarkan nilai tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat tersebut dengan melihat tabel dibawah ini :

Tabel 4-29 Kriteria Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (D)
A	≤ 5
B	$>5.1 - 15$
C	$>15.2 - 25$
D	$>25.1 - 40$
E	$>40.1 - 60$
F	≥ 60.0

(Sumber : MKJI 1997)

Setelah melihat tabel diatas maka didapat nilai tingkat pelayanan simpang yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4-30 Nilai Tingkat Pelayanan untuk Setiap Pendekat (*weekend*)

Pendekat	Tundaan (D)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang	Tingkat Pelayanan Simpang
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	92,201	F	49,048	E
Jl. Ir. H. Juanda	148,419	F		
Jl. Siliwangi	61,242	F		
Jl. Dipatiukur	146,087	F		

Tabel 4-31 Nilai Tingkat Pelayanan untuk Setiap Pendekat (*weekday*)

Pendekat	Tundaan (D)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang	Tingkat Pelayanan Simpang
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	51,880	E	26,991	D
Jl. Ir. H. Juanda	58,766	E		
Jl. Siliwangi	48,735	E		
Jl. Dipatiukur	76,430	F		

4.5 Perhitungan Metode HCM 2000

Pada persimpangan bersinyal tingkat pelayanan (LOS-level of service) didefinisikan dalam pengertian tundaan kendali. Tundaan kendali rata-rata dihitung untuk setiap kelompok lajur dan disatukan untuk setiap cabang persimpangan sebagai satu kesatuan. Berikut tabel kriteria LOS untuk persimpangan bersinyal berdasarkan HCM 2000.

Tabel 4-32 Kriteria LOS Simpang Bersinyal

Tingkat Pelayanan	Tundaan per kendaraan (det/kend)
A	≤ 10
B	$>10 - 20$
C	$>20 - 35$
D	$>35 - 55$
E	$>55 - 80$
F	≥ 80.0

(Sumber : HCM 2000)

4.5.1 Arus Jenuh

Arus jenuh merupakan arus maksimum pada mulut persimpangan jika lampu lalu lintas terus menyala hijau. Itu disebabkan karena jumlah kendaraan pribadi yang lebih banyak pada saat-saat tertentu khususnya pada jam puncak sering terjadi kemacetan. Untuk menghitung laju arus jenuh untuk setiap kelompok lajur dihitung dengan rumus :

$$s = s_o \cdot N \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_{LU} \cdot f_a \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb} \dots \dots \dots 4.19$$

Dimana :

s_o = laju arus jenuh dasar per lajur

N = banyaknya lajur dalam kelompok lajur tersebut

f_w = faktor penyesuaian untuk lebar lajur

- fHV = faktor penyesuaian kendaraan berat dalam aliran lalu lintas
- fg = faktor penyesuaian untuk kelandaian
- fp = faktor penyesuaian untuk keberadaan lajur parkir yang berdampingan dengan kelompok lajur tersebut dan kegiatan parkir pada lajur itu
- Fbb = faktor penyesuaian untuk efek rintangan bus lokal yang berhenti didalam daerah persimpangan tersebut
- fLU = faktor penyesuaian untuk penggunaan lajur
- Fa = faktor penyesuaian untuk jenis kawasan
- fLT = faktor penyesuaian untuk belok kiri dalam kelompok lajur tersebut
- fRT = faktor penyesuaian untuk belok kanan dalam kelompok lajur
- fLpb = faktor penyesuaian pejalan kaki – sepeda untuk pergerakan belok kiri
- fRpb = faktor penyesuaian pejalan kaki – sepeda untuk pergerakan belok kanan

Tabel 4-33 Faktor Penyesuaian untuk Laju Arus Jenuh

Faktor	Rumus	Definisi Variabel	Catatan
Lebar lajur	$f_w = 1 + \frac{(w - 3.6)}{9}$	w = lebar lajur (ft)	w ≥ 2.4 if w > 4.8, analisa dua lajur dapat dipertimbangkan
Kendaraan berat	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \% HV (ET - 1)}$	% HV = Persentase kendaraan berat untuk volume kelompok lajur	ET = 2.0 pc/HV
Kemiringan	$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$	%G = %kemiringan pada kelompok lajur jalan	-6 ≤ %G ≤ 10 Negatif menurun

Parkir	$f_p = \frac{N - 0,1 \frac{18 Nm}{3600}}{N}$	N = banyaknya lajur dalam kelompok lajur Nm = banyaknya maneuver parker/jam	$0 \leq Nm \leq 180$ $F_p \geq 0,050$ $F_p = 1,00$ untuk tanpa parker
Perhentian akibat bus	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 Nb}{3600}}{N}$	N = banyaknya lajur dalam kelompok lajur Nb = banyaknya penelitian bus/jam	$0 \leq Nb \leq 250$ $F_{bb} \geq 0,050$
Jenis kawasan	fa = 0,900 di kawasan pusat bisnis fa = 1,00 di kawasan lain		
Penggunaan lajur	$f_{LU} = \frac{Vg}{(Vg1 * N)}$	Vg = lajur arus kebutuhan yang tak disesuaikan untuk kelompok lajurnya, kend/jam. Vg1 = lajur arus kebutuhan yang tak disesuaikan pada lajur tunggal dalam kelompok lajur dengan volume tertinggi. N = banyaknya lajur dalam kelompok lajurnya	
Belok kiri	Pemfasean yang dilindungi : Lajur khusus : fLT = 0,95 Lajur yang dipakai bersama :	PLT = perimbangan LT (belok kiri) dalam kelompok lajurnya	

	$f_{LT} = \frac{1}{1,0 + 0,05 PLT}$		
Belok kanan	Lajur khusus : $f_{RT} = 0,85$ Lajur yang diurun : $f_{RT} = 1,0 - (0,15) PRT$ Lajur tunggal : $f_{RT} = 1,0 - (0,135) PRT$	PRT = perimbangan RT (belok kanan) dalam kelompok lajurnya	$f_{RT} \geq 0,050$
Penghentian akibat pejalan kaki atau sepeda	Penyesuaian LT $f_{Lpb} = 1,0 - PLT (1 - ApbT) \times (1 - PLTA)$ Penyesuaian RT $f_{Rpb} = 1,0 - PRT (1 - ApbT) \times (1 - PRTA)$	PLT = proporsi LT pada penyesuaian fase kelompok lajur ApbT = penyesuaian fase yang diperbolehkan PLTA = proporsi LT hijau yang dilindungi terhadap waktu hijau LT menyeluruh PRT = Proporsi RT pada kelompok lajur PRTA = proporsi RT hijau yang dilindungi terhadap waktu hijau RT menyeluruh	

Tabel 4-34 Faktor Penyesuaian Laju Arus Jenuh (*weekend*)

Pendekat	L	fw	fHV	fg	fp	fb	fa	fLU	fLT	fRT	fLpb	fRpB	N
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	12,5	1,016	1	1	1	1	0,9	1	0,989	0,958	1	1	1
Jl. Ir. H. Juanda	6,5	0,816	1	1	1	1	0,9	1	0,998	0,997	1	1	1
Jl. Siliwangi	8,6	0,886	1	1	1	1	0,9	1	0,974	0,982	1	1	1
Jl. Dipatiukur	7,1	0,836	1	1	1	1	0,9	1	0,996	0,914	1	1	1

Tabel 4-35 Faktor Penyesuaian Laju Arus Jenuh (*weekday*)

Pendekat	L	fw	fHV	fg	fp	fb	fa	fLU	fLT	fRT	fLpb	fRpB	N
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	12,5	1,016	1	1	1	1	0,9	1	0,988	0,968	1	1	1
Jl. Ir. H. Juanda	6,5	0,816	1	1	1	1	0,9	1	0,998	0,994	1	1	1
Jl. Siliwangi	8,6	0,886	1	1	1	1	0,9	1	0,976	0,980	1	1	1
Jl. Dipatiukur	7,1	0,836	1	1	1	1	0,9	1	0,996	0,920	1	1	1

Dengan menggunakan rumus, didapat laju arus jenuh untuk setiap pendekat adalah :

Tabel 4-36 Faktor Penyesuaian Laju Arus Jenuh (*weekend*)

Pendekat	So	S (kend/jam)
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	7.500	6.497,694
Jl. Ir. H. Juanda	3.900	2.849,856
Jl. Siliwangi	5.160	3.935,468
Jl. Dipatiukur	4.260	2.917,856

Tabel 4-37 Faktor Penyesuaian Laju Arus Jenuh (*weekday*)

Pendekat	So	S (kend/jam)
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	7.500	6.558,881
Jl. Ir. H. Juanda	3.900	2.841,281
Jl. Siliwangi	5.160	3.935,517
Jl. Dipatiukur	4.260	2.937,011

4.5.2 Analisis Rasio Arus dan Kapasitas

Rasio arus dihitung dengan membagi arus kebutuhan yang disesuaikan (v) dengan laju arus jenuh yang disesuaikan (s). Kapasitas setiap kelompok lajur dihitung dengan rumus :

$$C_i = S_i \frac{g_i}{c} \dots\dots\dots 4.20$$

Dimana :

- C = Kapasitas
- S = Laju arus jenuh
- g = Tampilan waktu hijau (det)
- c = Waktu siklus (det)

Rasio v/c untuk setiap kelompok lajur dihitung langsung, dengan membagi arus yang disesuaikan dengan kapasitas yang dihitung sebelumnya, seperti pada rumus :

$$X_i = \left(\frac{V}{C} \right) = \frac{v_i}{s \left(\frac{g_i}{c} \right)} = \frac{v_i c}{s g_i} \dots\dots\dots 4.21$$

Dimana :

- Xi = Derajat kejenuhan
- V = Arus lalu lintas (smp/jam)
- C = Kapasitas

Tabel 4-38 Nilai Rasio Arus dan Kapasitas (*weekend*)

Pendekat	S	V	g	c	g/c	C	v/c	v/s
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	6.497,694	1.866	50	187	0,267	1.735	1,075	0,287
Jl. Ir. H. Juanda	2.849,856	822	41	187	0,219	631	1,303	0,288
Jl. Siliwangi	3.935,468	1.259	65	187	0,347	1.365	0,922	0,319
Jl. Dipatiukur	2.917,856	561	19	187	0,102	298	1,882	0,192
$\sum V = 9.238$								

Tabel 4-39 Nilai Rasio Arus dan Kapasitas (*weekday*)

Pendekat	S	V	g	c	g/c	C	v/c	v/s
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	6.558,881	1.569	28	113	0,248	1.627	0,964	0,239
Jl. Ir. H. Juanda	2.841,281	761	26	113	0,230	653	1,165	0,268
Jl. Siliwangi	3.935,517	1.272	35	113	0,310	1.220	1,043	0,323
Jl. Dipatiukur	2.937,011	418	12	113	0,106	311	1,344	0,142
$\sum V = 8.153$								

4.5.3 Tundaan dan Tingkat Pelayanan

Tundaan untuk setiap kelompok lajur diperoleh dengan penjumlahan nilai tundaan seragam dan tundaan incremental, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \dots \dots \dots 4.22$$

Dimana :

d = Tundaan kendali per kendaraan (det/kend)

d_1 = Tundaan kendali seragam dengan mengandalkan kedatangan seragam (det/kend)

- PF = Faktor penyesuaian kemajuan tundaan seragam =1,0
- d2 = Tundaan incremental untuk memperhitungkan kedatangan acak dan antrian terlalu jenuh (det/kend)
- d3 = Tundaan antrian awal (det/kend); d3 sama dengan nol

Untuk menghitung besarnya tundaan seragam, digunakan persamaan berikut :

$$d1 = \frac{0,5 c \left(1 \frac{d}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, x) \frac{d}{c}\right]} \dots\dots\dots 4.23$$

Dimana :

- d1 = Tundaan kendali seragam
- c = Panjang siklus (det)

Suatu estimasi keterlambatan inkremental yang diakibatkan kedatangan tak seragam, kegagalan siklus sementara (keterlambatan acak), dan keterlambatan yang disebabkan oleh priode terlalu jenuh yang dipertahankan dapat dihasilkan dengan persamaan berikut :

$$d2 = 900T [(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8KI X^2}{cT}}] \dots\dots\dots 4.24$$

Dimana :

- d2 = Tundaan incremental yang ditentukan untuk durasi pada periode analisis dan jenis kendali sinyal (det/kend)
- T = Durasi periode analisis (jam)
- K = Faktor tundaan incremental yang bergantung pada setelan pengatur
- I = Faktor pengatur filter/pengukuran keulu

C = Kapasitas

X = rasio v/c

Tundaan cabang ini kemudian dirata-ratakan untuk menghasilkan tundaan kendali pada persimpangan.

Tundaan persimpangan dapat dihasilkan dengan persamaan :

$$D = \frac{\sum dA \times vA}{\sum vA} \dots\dots\dots 4.25$$

Dimana :

D = Tundaan per kendaraan untuk persimpangan (det/kend)

dA = Tundaan untuk cabang A (det/kend)

vA = Arus yang disesuaikan untuk cabang A (kend/jam)

Tabel 4-40 Kriteria Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (D)
A	≤10
B	>10 – 20
C	>20 – 35
D	>35 – 55
E	>55 – 80
F	≥80.0

(Sumber : HCM 2000)

Tabel 4-41 Tingkat Pelayanan Persimpangan untuk Semua Pendekat (*weekend*)

Pendekat	V/c	g/c	d1	Faktor Kemajuan	C	Kalibrasi K	d2	d	LOS
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	1,075	0,267	68,116	1,0	1.735	0,5	45,585	113,701	F
Jl. Ir. H. Juanda	1,303	0,219	52,437	1,0	631	0,5	150,802	203,239	F
Jl. Siliwangi	0,922	0,347	99,370	1,0	1.365	0,5	10,953	110,323	F
Jl. Dipatiukur	1,882	0,102	21,240	1,0	298	0,5	419,831	441,071	F

Tabel 4-42 Tingkat Pelayanan Persimpangan untuk Semua Pendekat (*weekday*)

Pendekat	V/c	g/c	d1	Faktor Kemajuan	C	Kalibrasi K	d2	d	LOS
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	0,964	0,248	37,266	1,0	1.627	0,5	14,883	52,149	E
Jl. Ir. H. Juanda	1,165	0,230	33,753	1,0	653	0,5	92,458	126,211	F
Jl. Siliwangi	1,043	0,310	50,768	1,0	1.220	0,5	38,238	89,006	F
Jl. Dipatiukur	1,344	0,106	13,398	1,0	311	0,5	180,818	194,216	F

Tabel 4-43 Nilai Tingkat Pelayanan (*weekend*)

Pendekat	V	d	d x V	D	LOS
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	1.866	113,701	212.166,066	82,871	F
Jl. Ir. H. Juanda	822	203,239	167.062,458		
Jl. Siliwangi	1.259	110,323	138.896,657		
Jl. Dipatiukur	561	441,071	247.440,831		
$\sum d \times V = 765.566,012$					

Tabel 4-44 Nilai Tingkat Pelayanan (*weekend*)

Pendekat	V	d	d x V	D	LOS
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	1.569	52,149	81.822,781	45,660	D
Jl. Ir. H. Juanda	761	126,211	96.046,571		
Jl. Siliwangi	1.272	89,006	113.215,632		
Jl. Dipatiukur	418	194,216	81.182,288		
$\sum d \times V = 372.267,272$					

4.6 Rekap Kondisi Eksisting

4.6.1 Metode MKJI 1997

Tabel 4-45 Nilai Tingkat Pelayanan (*weekend*)

<i>weekend</i>		
Pendekat	Tundaan Sim pang	Tingkat pelayanan simpang
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	49,048	E
Jl. Ir. H. Juanda		
Jl. Siliwangi		
Jl. Dipatiukur		

Tabel 4-46 Nilai Tingkat Pelayanan (*weekday*)

<i>weekday</i>		
Pendekat	Tundaan Sim pang	Tingkat pelayanan simpang
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	26,991	D
Jl. Ir. H. Juanda		
Jl. Siliwangi		
Jl. Dipatiukur		

Dari hasil kondisi eksisting dapat dilihat dari tabel diatas bahwa tingkat pelayanan menggunakan MKJI 1997 didapat tingkat pelayanan simpang Dago adalah “E” untuk weekend dan “D” untuk weekday.

4.6.2 Metode HCM 2000

Tabel 4-47 Nilai Tingkat Pelayanan (*weekend*)

<i>weekend</i>		
Pendekat	D	LOS
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	82,871	F
Jl. Ir. H. Juanda		
Jl. Siliwangi		
Jl. Dipatiukur		

Tabel 4-48 Nilai Tingkat Pelayanan (*weekday*)

<i>weekday</i>		
Pendekat	D	LOS
Jl. Ir. H. Juanda – Dago Atas	45,660	D
Jl. Ir. H. Juanda		
Jl. Siliwangi		
Jl. Dipatiukur		

Dari hasil kondisi eksisting dapat dilihat dari tabel diatas bahwa tingkat pelayanan menggunakan HCM 2000 didapat tingkat pelayanan simpang Dago adalah “F” untuk weekend dan “D” untuk weekday.

