BAB IV

ANALISIS PERHITUNGAN

4.1 UMUM

Data yang digunakan untuk proses perhitungan dalam penelitan ini adalah data primer. Dimana data primer merupakan data riil yang didapat dari pengamatan langsung dan perhitungan dilapangan, dengan lokasi penelitian di Simpang Cipendawa.

Simpang Cipendawa memiliki empat lebar pendekat yaitu pendekat Utara memiliki lebar 5 m, Timur 14 m, Selatan di batasi dengan median yang kiri 10,65 m dan kanan 8,7 m, dan Barat 13,17 m.

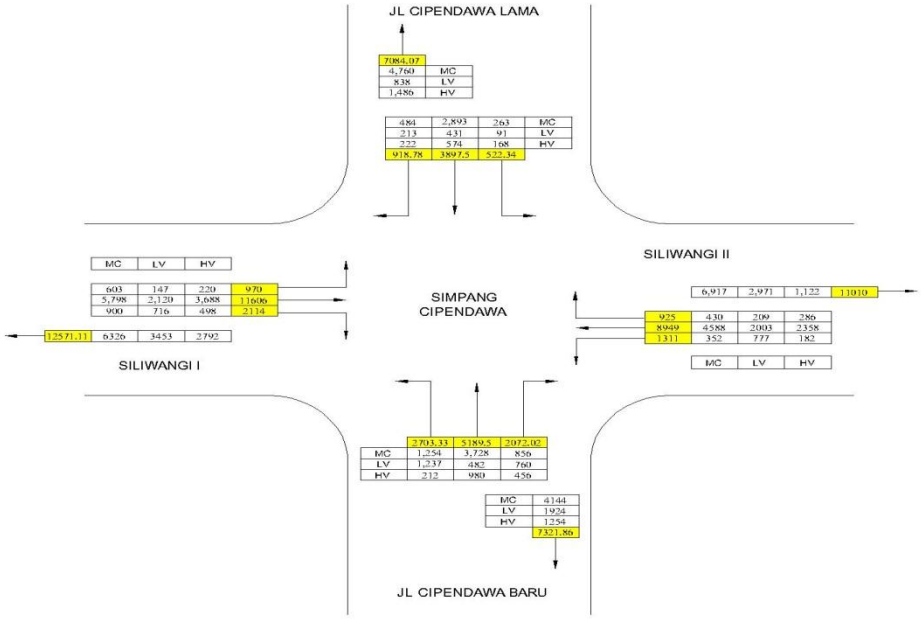
4.2 DATA SURVEY GEOMETRIK

Lokasi penelitian adalah Simpang Cipendawa Bekasi Timur.

Tabel 4.1 Data Geometrik Simpang Cipendawa

Nama Jalan	Lebar (m)	Jumlah Lajur
Jl Siliwangi – Bantar Gebang (Barat)	13,17	2
Jl Cipendawa Lama – Pondok Gede(Utara)	5	2
Jl Cipendawa Baru – Tol Bekasi Timur (Selatan)	19,35	2
Jl Siliwangi – Rawa panjang (Timur)	14	2

Denah lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4-1 Denah LHR Simpang Cipendawa Berdasarkan Lengan Simpang

4.3 DATA LALU LINTAS

Kegiatan pengumpulan data lalu lintas ini dilaksanakan selama 4 hari, pada hari Senin, Selasa, Rabu dan Kamis dan dilaksanakan pada waktu jam puncak (pagi pukul 06.00-09.00, siang pukul 11.00-14.00, sore pukul 16.00-19.00).

Keseluruhan perhitungan dilakukan berdasarkan metode Manual kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997). Selain itu perhitungan yang perlu didapatkan adalah perhitungan perilaku lalu lintas yang digunakan sebagai acuan penilaian kinerja simpang.

4.3.1 Data Arus Lalu Lintas

Data diperoleh dari hasil survey dilapangan dalam satuan kendaraan perjam. Kemudian dikonversikan menjadi dalam satuan mobil penumpang perjam sesuai

dengan rencana pendekat. Faktor konversi untuk masing – masing kendaraan tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 4.2 Faktor Konversi Kendaraan

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

(*Sumber : MKJI 1997*)

Data arus tertinggi pada jam puncak tertentu akan menjadi data acuan untuk mengevaluasi kinerja pada persimpangan. Data – data itu kemudian digunakan untuk perhitungan kapasitas, tundaan dan antrian pada persimpangan. Data ini diambil karena merupakan data maksimum dimana terjadi arus lalu lintas yang padat. Sehingga dianggap dapat mewakili data lainnya. Data utama yang dipakai adalah data volume lalu lintas kendaraan per jam.

Contoh Perhitungan:

Arus lalu lintas pada Lengan Barat pada jam puncak pagi jam (06.00-07.00) pada hari Senin, dengan tipe pendekat adalah *terlindung* dan *terlawan*.

Jumlah kendaraan:

LV= 308 kend,

HV= 216 kend,

MC = 2737 kend.

Maka : LV = 408 x 1 = 408 smp/jam,

HV = 216 x 1,3 = 280 smp/jam,

MC = 2737 x 0,2 = 547 smp/jam +

Total = 1235 smp/jam

Maka total volume lalu lintas untuk jam puncak pagi adalah 1235 smp/jam (terlindung).

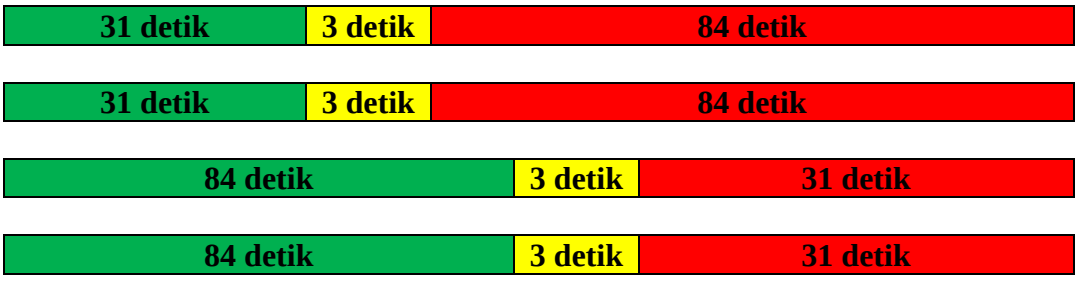
4.3.2 Data Waktu Siklus dan Waktu Sinyal

Waktu sinyal yang berupa waktu hijau, waktu hilang, dan waktu siklus dari tiap pendekat dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 4.3 Data Waktu Sinyal

Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Merah	All Red	
Utara	31	3	84	1	119
Selatan	31	3	84	1	119
Timur	84	3	31	1	119
Barat	84	3	31	1	119

Waktu Siklus Simpang Cipendawa



Gambar 4-2 Waktu Siklus Simpang Tiap Pendekat

4.4 PERHITUNGAN KINERJA SIMPANG DENGAN MKJI 1997

4.4.1 Arus Jenuh

Rumus yang digunakan pada kondisi eksisting untuk faktor arus jenuh dasar untuk arus terlindung adalah (So = 600 x lebar efektif We). Evaluasi simpang ini dilakukan berdasarkan data pada jam puncak senin pagi pada pukul 06.00-07.00.

Tabel 4.4 Perhitungan Arus Jenuh Dasar

Pendekat	Tipe Pendekat	Lebar Efektif	So (smp/waktu hijau)
Utara	P (Terlindung) / (Teralawan)	5	3.000
Selatan	P (Terlindung) / (Teralawan)	19,35	11.610
Timur	P (Terlindung) / (Teralawan)	13,17	7.902
Barat	P (Terlindung) / (Teralawan)	14	8.400

Dengan menggunakan rumus, diperoleh nilai arus jenuh simpang, sebagai berikut:

Tabel 4.5 Perhitungan Arus Jenuh pada saat jam puncak terlindung

Pendekat	So (smp/jam)	Faktor Penyesuaian						S (smp/jam)
		F_{cs}	F_{sf}	F_g	F_P	F_{RT}	F_{LT}	
Utara	3.000	1	0,93	1	1	1,07	0,95	2.836,04
Selatan	11.610	1	0,93	1	1	1,03	0,96	10.676,37
Timur	7.902	1	0,93	1	1	1,02	0,99	7.420,88
Barat	8.400	1	0,93	1	1	1,03	0,98	7.885,43

4.4.2 Rasio Arus jenuh

Dari hasil perhitungan nilai arus jenuh kemudian dapat diperoleh nilai Rasio Arus (FR) dan nilai Rasio Fase, maka diperoleh Rasio Arus Simpang (IFR).

Contoh perhitungan untuk pendekat timur.

FR = Q/S

= 539/2.836,04

= 0,190

Hal perhitungan rasio arus jenuh kondisi eksisting untuk seluruh pendekat dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Perhitungan Rasio Arus

Pendekat	Q (smp/jam)	S	FR (Q/S)
Utara	539	2.836,04	0,190
Selatan	848	10.676,37	0,079
Timur	1045	7.420,88	0,141
Barat	1559	7.885,43	0,198

4.4.3 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Kapasitas (C) diperoleh dengan perkalian arus jenuh dengan (GR) rasio hijau (g/c) pada masing – masing pendekat, dengan rumus: C = S x g/c.

Sebagai contoh perhitungan untuk pendekat timur.

S = 2836,04 smp/jam; Q = 539 smp/jam; g = 31; c = 119

C = 2836,04 x (31/119)

= 738,80 smp/jam

Derajat kejenuhan (DS) diperoleh dari hasil bagi arus dengan kapasitas, DS = Q/C

DS = 539/738,80

= 0,73

Hasil perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan kondisi eksisting untuk seluruh pendekat dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.7 Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Pendekat	g (detik)	c (detik)	Q (smp/jam)	C (smp/jam)	DS
Utara	31	119	539	738,80	0,73
Selatan	31	119	848	2781,24	0,30
Timur	84	119	1045	5238,27	0,20
Barat	84	119	1559	5566,19	0,28

4.4.4 Panjang Antrian (QL)

Untuk menghitung panjang antrian, digunakan rumus: NQ = NQ1 + NQ2

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

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

Dimana :

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

GR = Rasio hijau (g/c).

DS = Derajat kejenuhan.

Q = Arus lalu-lintas pada pendekat tersebut (smp/det).

$$QL = \frac{NQ_{\max}\ x\,20}{W_{masuk}}$$

Sebagai contoh perhitungan, disajikan perhitungan untuk pendekat Utara adalah:

$$NQ_1 = 0.25\,x\,738.80\,x\left[(0.73-1)+\sqrt{(0.73-1)^2+\frac{8\,x\,(0.73-0.5)}{738.80}}\right]$$

= 1 smp

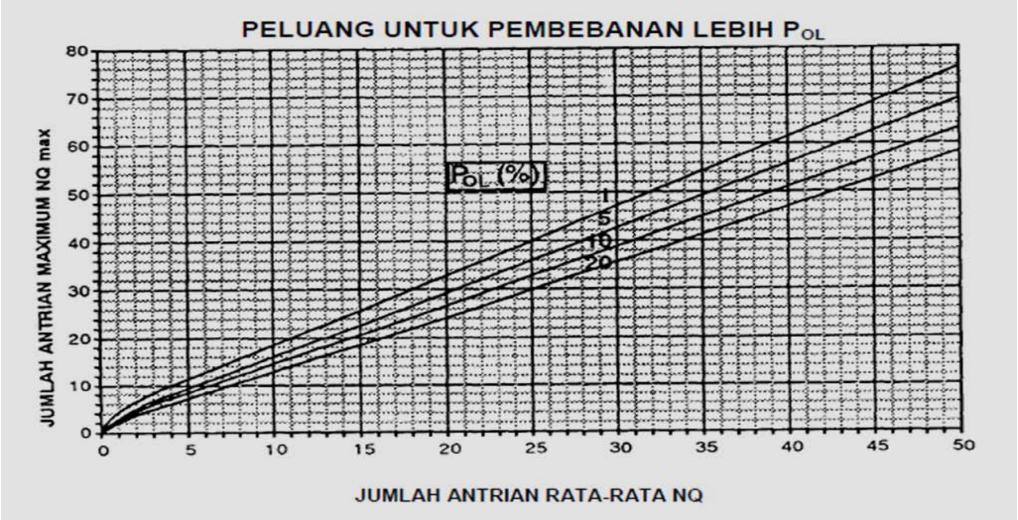
$$NQ_2 = 119\,x\,\frac{1-0.26}{1-0.26\,x\,0.73}\,x\,\frac{539}{3600}$$

= 24.42 smp

NQ = 1 + 24.42

= 25.26 smp

Gunakan gambar dibawah ini, untuk menyesuaikan NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih P_{OL}. Untuk perancangan dan perencanan disarankan $P_{OL} \leq 15\%$ untuk operasi suatu nilai P_{OL} = 5% - 10% mungkin dapat diterima.



Gambar 4-3 Diagram Peluang untuk pembebanan lebih POL.

Hasil perhitungan rasio arus jenuh kondisi eksisting untuk seluruh pendekat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 4.8 Hasil Penyesuaian Nqmaks

Pendekat	NQ1 (smp)	NQ2 (smp)	Panjang Antrian NQ1 + NQ2 (smp)	NqMax	Panjang AntrianQL (meter)
Utara	1	24,42	25,26	85	340
Selatan	0	38,40	38,11	114	118
Timur	0	173,15	172,78	90	137
Barat	0	258,49	258,18	103	147

4.4.5 Kendaraan Terhenti (NS)

Angka henti sebagai jumlah rata – rata per smp untuk perancangan dihitung dengan rumus:

$$NS = 0.9\,x\,\frac{NQ}{Q\,x\,c}\,x\,3600$$

Dimana :

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

c = waktu siklus (det)

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

Perhitungan angka henti pada pendekat Timur adalah:

$$NS = 0.9\,x\,\frac{25.26}{539\,x\,119}\,x\,3600$$

= 1.28

Perhitungan jumlah kendaraan terhenti (Nsv) masing – masing pendekat dihitung dengan menggunakan rumus:

Nsv = Q * NS

Perhitungan jumlah kendaraan terhenti(Nsv) untuk pendekat Timur adalah:

Nsv = 539 * 1.28

= 688

Sehingga diperoleh nilai kendaraan terhenti dalam tabel berikut:

Tabel 4.9 Perhitungan angka henti dan jumlah kendaraan terhenti untuk seluruh pendekat

Pendekat	NQ (smp)	Q	c	NS	Nsv = Q*NS
Utara	25,26	539,14	119	1,28	688
Selatan	38,11	847,63	119	1,22	1038
Timur	172,78	1044,52	119	4,50	4704
Barat	258,18	1559,28	119	4,51	7029
	Total	3990,57		NsvTot =	13459

Nilai angka henti total simpang seluruh lengan dihitung dengan rumus:

$$NS_{tot} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{total}}$$

$$NS_{tot} = \frac{13459}{3990.57}$$

= 3.37 stop/jam.

4.4.6 Tundaan Rata – rata (D)

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

Hasil perhitungan tundaan untuk semua pendekat dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.10 Perhitungan Tundaan untuk seluruh pendekat

Pendekat	Q	DT	DG	D = DT+DG	DxQ (det/SMP)	Dsimp. (det/SMP)
Utara	539,14	20,38	4,00	24,38	13.143	20.553
Selatan	847,63	15,91	4,00	19,91	16.872	
Timur	1044,52	16,01	4,00	20,01	20.902	
Barat	1559,28	16,07	4,00	20,07	31.297	

Tundaan simpang rata – rata diperoleh dengan rumus :

$$D_1 = \frac{\sum\left(Q\,x\,D_j\right)}{Q_{total}} \text{ (det/smp)}$$

D1 = Tundaan rata – rata untuk semua simpang

Q = Arus lalu lntas (smp/jam).

Dj = Tundaan rata-rata pendekat j (smp/jam).

Qtot = Arus total.

4.4.7 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan pada setiap pendekat dapat diketahui melalui tundaan rata – rata ditiap pendekat itu. Dimana hubungan antara tundaan rata – rata dan tingkat pelayanan dapat dilihat melalui tabel berikut :

Tabel 4.11 Kriteria tingkat pelayanan untuk simpang bersinyal

Tingkat Pelayanan	Tundaan per kendaraan (det/kend)
A	≤5
B	>5.1 - 15
C	>15.2 – 25
D	>25.1 – 40
E	>40.1 – 60
F	≥60.0

Sumber : MKJI 1997

Berdasarkan perhitungan nilai tundaan rata – rata tiap pendekat maka didapat nilai tingkat pelayanan untuk setiap pendekat yang dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.12 Nilai tingkat Pelayanan untuk setiap pendekat

Pendekat	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan Simpang
Utara	24,38	C	20,60	C
Selatan	19,91	C		
Timur	20,01	C		
Barat	20,07	C		

4.5 PERHITUNGAN METODE HCM 2000

Tingkat pelayanan (LOS-*level of service*) untuk persimpangan berlampu lalu lintas didefenisikan dalam pengertian tundaan kendali. Tundaan kendali rata – rata dihitung untuk setiap kelompok lajur dan disatukan untuk setiap cabang dan persimpangan sebagai satu kesatuan. LOS langsung dikaitkan dengan nilai keterlambatan kendali seperti yang diberikan pada tabel berikut.

Tabel 4.13 Kriteria LOS untuk persimpangan berlampu lalu lintas

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

4.5.1 Arus Jenuh

Arus jenuh merupakan arus kendaraaan perjam yang disalurkan oleh kelompok lajur dengan menganggap bahwa fase hijau selalu tersedia untuk kelompok lajur tersebut. Perhitungan berawal dari pemilihan laju arus jenuh dasar, biasanya 1900 mobil penumpang per jam waktu hijau perlajur. Untuk menghitung laju arus jenuh untuk setiap kelompok lajur dihitung dengan rumus:

$$s = so.N.f_w.f_{HV}.f_g.f_p.f_{bb}.f_{LU.}f_a.f_{LT}.f_{RT}.fL_{pb}.f_{Rpb}$$

Dimana :

so : laju arus jenuh dasar per lajur, biasanya 1900 (mobil/jam – hijau/lajur).

N : banyaknya lajur dalam kelompok lajur tersebut.

fw : faktor penyesuaian untuk lebar lajur.

f_{HV} : faktor penyesuaian kendaraan berat dalam aliran lalu lintas.

f_g : faktor penyesuaian untuk jelang masing – masing.

f_p : faktor penyesuaian untuk keberadaan lajur parkir yang berdampingan dengan kelompok lajur tersebut dan kegiatan parkir pada lajur itu.

F_{bb} : faktor penyesuaian untuk efek rintangan bus lokal yang berhenti didalam daerah persimpangan tersebut.

f_{LU} : faktor penyesuaian untuk penggunaan lajur.

F_a : faktor penyesuaian untuk jenis kawasan.

f_{LT} : faktor penyesuaian untuk belok kiri dalam kelompok lajur tersebut.

f_{RT} : faktor penyesuaian untuk belok kanan dalam kelompok lajur tersebut.

fL_{pb} : faktor penyesuaian pejalan kaki – sepeda untuk pergerakan belok kiri.

fR_{pb} : faktor penyesuaian pejalan kaki – sepeda untuk pergerakan belok kanan.

Hasil - hasilnya akan lebih teliti apabila nilai – nilai itu telah diperoleh dengan menggunakan nilai – nilai laju arus jenuh yang telah diukur ketimbang yang diperkirakan.

Tabel 4.14 Faktor penyesuaian untuk laju arus jenuh

Faktor	Rumus	Definisi Peubah	Catatan
Lebar Lajur	$\mathrm{Fw} = 1 + \frac{(\mathrm{w} - 12)}{30}$	W= lebar lajur (ft)	w≥8 jika w > 16 analisa 2 lajur dapat dipertimbangkan
Kendaraan berat	$\mathrm{FHV} = \frac{100}{100 + \%\,\mathrm{HV}\,(\mathrm{ET} - 1)}$	%HV = persentase kendaraan berat untuk volume kelompok lajur	ET = 2,0 pc/HV
Kemiringan	$\mathrm{Fg} = 1 - \frac{\%\mathrm{G}}{200}$	% G = % persen kemiringan pada kelompok lajur jalan	-6 ≤ %G ≤ 10 Negative menurun
Parkir	$\mathrm{fp} = \frac{\mathrm{N} - 0{,}1\,\frac{18\,\mathrm{Nm}}{3600}}{\mathrm{N}}$	N = banyaknya lajur dalam kelompok lajur Nm = banyaknya manuver parkir/jam	0 ≤ Nm≤ 180 fp ≥ 0,050 fp = 1,00 untuk tanpa parkir
Perhentian Akibat Bus	$\mathrm{fbb} = \frac{\mathrm{N} - \frac{14{,}4\,\mathrm{Nb}}{3600}}{\mathrm{N}}$	N= banyaknya lajur dalam kelompok lajur	0 ≤ Nb≤ 250 fbb ≥ 0,050

Faktor	Rumus	Definisi Peubah	Catatan
		Nb = banyaknya penelitian bus/jam	
Jenis Kawasan	fa= 0,900 di CBD fa = 1,00 di kawasan lain		
Penggunaan Lajur	$fLU = \frac{Vg}{(Vg1 * N)}$	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: f_{LT} = 0,95 Lajur yang dipakai bersama: $fLT = \frac{1}{1,0 + 0,05\ PLT}$	PLT = perimbangan LT (belok kiri) dalam kelompok lajurnya	
Belok Kanan	Lajur khusus: fRT = 0,85 Lajur yang diurun: fRT = 1,0 – (0,15)PRT Lajur tunggal: fRT = 1,0 – (0,135)PRT	PRT = perimbangan RT (belok kanan) dalam kelompok lajurnya	fRT≥ 0,050

Faktor	Rumus	Definisi Peubah	Catatan
Penghentian akibat pejalan kaki atau sepeda	Penyesuaian LT: fLpb = 1,0 – PLT (1- ApbT) x (1 - PLTA) fRpb = 1,0 – PRT(1- ApbT) x (1 – PRTA)	PLT = perimbangan LT (belok kiri) pada penyesuaian fase kelompok lajur. ApbT = penyesuaian fase yang diperbolehkan PLTA = perimbangan LT hijau yang dilindungi terhadap waktu hijau LT Menyeluruh. PRT = perimbangan RT (belok kanan) pada kelompok lajur. PRTA = perimbangan RT hijau yang dilindungi terhadap waktu hijau RT Menyeluruh.	

Guna mempermudah pengerjaan maka untuk perhitungan faktor – faktor penyesuaian dikerjakan dengan bantuan program Microsoft Excel 2016. Maka didapatkan hasil seperti yang tertera pada tabel berikut.

Tabel 4.15 Faktor penyesuaian laju arus jenuh

Pendekat	L	N	f_w	f_{HV}	f_g	f_p	f_{bb}	f_a	f_{LU}	f_{LT}	f_{RT}	f_{Lpb}	f_{Rpb}
Utara	5	1	0,77	1	1	1	1	0,9	1	0,95	0,85	1	1
Selatan	19,35	1	1,25	1	1	1	1	0,9	1	0,95	0,85	1	1
Timur	13,17	1	1,04	1	1	1	1	0,9	1	0,95	0,85	1	1
Barat	14	1	1,07	1	1	1	1	0,9	1	0,95	0,85	1	1

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

Tabel 4.16 Arus jenuh untuk semua pendekat

Pendekat	So	S (kend/jam)
Utara	3000	924,21
Selatan	11610	5807,67
Timur	7902	3295,81
Barat	8400	3595,02

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:

Ci = Si $\frac{gi}{c}$

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

$$Xi = \left(\frac{v}{c}\right) = \frac{vi}{s(\frac{gi}{c})} = \frac{vic}{sigi}$$

Parameter kapasitas akhir yang diperhatikan merupakan rasio v/c kritis, X, untuk persimpangan tersebut. Parameter ini dihitung dengan persamaan:

Xc = $\sum\left(\frac{v}{s}\right) ci \left[\frac{c}{c-L}\right]$

Maka dihasilkan nilai kapasitas, rasio arus dan kapasitas akhir seperti yang terlihat pada tabel IV-17 dibawah:

Perhitungan kapasitas untuk kelompok lajur pada pendekat Barat adalah:

C = s (g/c)

= 4109 (31/119)

= 2900

Rasio v/c untuk pendekat Barat adalah:

v/c = 1559,28/2900

= 0,538

Rasio arus kelompok lajur kritis:

v/s (AT) = 1559,28/4004

= 0,261

v/s (AS) = 1559,28/4109

= 0,380

Penjumlahan rasio arus kritis:

$\sum (V/S)_{ci}$ = 0,261 + 0,380

= 0,640

Rasio laju arus kritis terhadap kapasitas.

$Xc = \sum\left(\frac{v}{s}\right) ci \left[\frac{c}{c-L}\right]$

$Xc = 0.640\left[\frac{119}{119-13,17}\right]$

Xc = 0,72

Tabel 4.17 Nilai Rasio Arus dan Kapasitas

Pendekat	S (kend/jam)	V (smp/jam)	g	c	s	Rasio g/c	C (kend/jam)	Rasio v/c	Arus Kritis (v/s)	Lajur Kritis	Xc
Utara	2957,48	539,14	31	119	2957	0,26	770	0,700	0,182	0,328	0,34
Selatan	5807,67	847,63	31	119	5808	0,26	1513	0,560	0,146		
Timur	4004,03	1044,52	84	119	4004	0,71	2826	0,370	0,261	0,640	0,72
Barat	4108,60	1559,28	84	119	4109	0,71	2900	0,538	0,380		

4.5.3 Tundaan dan Tingkat Pelayanan

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

$$d = d1(PF) + d2 + d3$$

Dimana :

d = tundaan kendali per kendaraan (det/kend)

d1 = tundaan kendali seragam dengan mengandaikan kedatangan seragam (det/kend)

PF = faktor penyesuaian kemajuan tundaan seragam.

d2 = tundaan inkremental untuk memperhitungkan kedatangan acak dan antrian terlalu jenuh (det/kend) dengan mengandaikan tidak ada antrian awal.

d3 = tundaan antrian awal (det/kend); d3 sama dengan nol apabila tidak tedapat antrian diawal.

Untuk menghitung besarnya tundaan seragam, digunakan persamaan berikut :

$$d1 = \frac{0{,}5\ C(1-\frac{g}{c})2}{1-\left[min(1,X)\frac{g}{c}\right]}$$

dengan :

d_1 = tundaan kendali seragam (det/kend)

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 :

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

dengan:

d2 = tundaan inkremental yang ditentukan untuk durasi pada periode analisis dan jenis kendali sinyal (s/kend)

T = durasi periode analisis (jam)

k = faktor tundaan inkremental yang bergantung pada setelan pengatur

l = faktor pengatur filter/pengukuran kehulu

c = kapasitas kelopok lajur

X = rasio v/c kelompok lajur

Tundaan cabang ini kemudian di rata – ratakan untuk menghasilkan tundaan kendali pada persimpangan.

Tundaan persimpangan dapat dihasilkan dengan persamaan :

$d1 = \frac{\sum dA * vA}{\sum vA}$

Dengan:

d1 = tundaan per kendaraan untuk persimpangan (det/kend)

dA = tundaan untuk cabang A (det/kend)

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

Contoh perhitungan untuk tundaan seragam pada pendekat Timur adalah :

$d1 = \frac{0{,}5\ C(1-\frac{g}{c})2}{1-\left[min(1,X)\frac{g}{c}\right]}$

$d1 = \frac{0{,}5 * 112(1-\frac{52}{112})2}{1-\left[1,\frac{52}{112}\right]}$

d1 = 30,016 det/kend

Contoh perhitungan untuk tundaan inkremental pada pendekat Timur adalah :

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

$d2 = 900*0{,}25\ [(0{,}700-1) = \sqrt{(0{,}700-1)^2 + \frac{8*0{,}51*1{,}461}{726{,}759*0{,}25}^2}$

d2 = C det/kend

Faktor penyesuaiankemajuan untuk nilai Rp = 1,667, didapat (PF) = 0,422

Tundaan untuk kelompk lajur adalah :

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

d = 75,00*0,422 + 0,422 + 0

d = 32,072 det/kend

Tundaan persimpangan :

d1 = $\frac{\sum dA*vA}{\sum vA}$

Dari data tingkat pelayanan persimpangan dengan keterlambatan kendali rata-rata dengan menggunakan bantuan program Microsoft Excel 2016 didapat d1 = 32,072 det/kend.

Tingkat pelayanan persimpangan langsung berkaitan dengan keterlambatan kendali rata – rata perkendaraan. Tingkat pelayanan yang sesuai dapat ditentukan melalui tabel LOS diatas.

Tabel 4.18 Tingkat pelayanan persimpangan untuk semua pendekat

Pendekat	v/c	Rasio g/c	Tundaan Seragam	Faktor Kemajuan	C	Kalibrasi *k*	Tundaan Inkremental d2	Tundaan Cabang	LOS
Utara	0,700	0,26	75,00	0.466	770	0,500	2002	32,072	C
Selatan	0,560	0,26	75,00	1,000	1513	0,500	2413	32,072	C
Timur	0,370	0,71	101,50	1,000	2826	0,500	2863	43,255	D
Barat	0,538	0,71	101,50	1,000	2900	0,500	2900	43,255	D

Tabel 4-19 Nilai Tingkat Pelayanan

Pendekat	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan Simpang
Utara	32,072	C	39,3492	D
Selatan	32,072	C		
Timur	43,255	D		
Barat	43,255	D		

4.6 REKAP KONDISI EKSISTING

1. Metode MKJI 1997

Tabel 4.19 Rekap Kondisi Eksisting Metode MKJI 1997

Pendekat	Q (smp/jam)	Lebar Efektif	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
Utara	539,14	5	24,38	C
Selatan	847,63	19,35	19,91	C
Timur	1044,52	13,17	20,01	C
Barat	1559,28	14	20,07	C

Dari hasil kondisi eksisting dapat dilihat dari tabel diatas bahwa tingkat pelayanan menggunakan MKJI 1997 didapat tingkat pelayanan simpang Cipendawa adalah “C”

2. Metode HCM 2000

Tabel 4.20 Rekap Kondisi Eksisting Metode HCM 2000

Pendekat	Q (smp/jam)	Lebar Efektif	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
Utara	539,14	5	32,07	C
Selatan	847,63	19,35	32,07	C
Timur	1044,52	13,17	43,26	D
Barat	1559,28	14	43,26	D

Dari hasil kondisi eksisting dapat dilihat dari tabel diatas bahwa tingkat pelayanan menggunakan HCM 2000 didapat tingkat pelayanan simpang Cipendawa adalah “C dan D”

4.7 OPTIMALISASI SIMPANG CIPENDAWA

Sebagai bahan analisis untuk melihat prediksi 5 tahun maka perlu dilihat tinggkat pertumbuhan kendaraan di daerah bekasi yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.21 Tingkat Pertumbuhan Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Tahun				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Mobil Penumpang	526,508	630,196	670,021	736,533	845,434
2	Bus	171,000	177,578	177,905	178,626	179,865
3	Truck	415,987	469,412	496,643	525,838	566,729
4	Sepeda Motor	2.712,149	3.828,549	4.330,405	5.430,724	6.401,818
Total		3.825,644	5.105,735	5.674,974	6.871,721	7.993,846
Laju Pertumbuhan			25%	10%	17%	14%
Presentasi		17%				

(*Sumber : Profil Dinas Perhubungan Jawa Barat*)

Prediksi 5 Tahun Pada kondisi Eksisting perlu dilakukan guna untuk meilhat besaran perubahan yang dapat yang terjadi, dapat diihat pada tabel dibawah ini :

1. Prediksi 5 Tahun Metode MKJI 1997

Tabel 4.22 Prediksi 5 Tahun kondisi Eksisting Metode MKJI 1997

Pendekat	Eksisting	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Utara	24,38	28,52	33,37	39,04	45,68	53,44
Selatan	19,91	23,29	27,25	31,88	37,30	43,64
Timur	20,01	23,41	27,39	32,05	37,50	43,87
Barat	20,07	23,48	27,48	32,15	37,61	44,01

Tabel 4.23 Prediksi 5 Tahun Tinggkat Pelayanan kondisi Eksisting Metode MKJI 1997

Pendekat	Eksisting	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Utara	C	D	D	D	E	E
Selatan	C	C	D	D	D	E
Timur	C	C	D	D	D	E
Barat	C	C	D	D	D	E

2. Metode HCM 2000

Tabel 4.24 Prediksi 5 Tahun kondisi Eksisting Metode HCM 2000

Pendekat	Eksisting	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Utara	32,07	37,52	43,90	51,37	60,10	70,32
Selatan	32,07	37,52	43,90	51,37	60,10	70,32
Timur	43,26	50,61	59,21	69,28	81,05	94,83
Barat	43,26	50,61	59,21	69,28	81,05	94,83

Tabel 4.25 Prediksi 5 Tahun Tinggkat Pelayanan kondisi Eksisting Metode HCM 2000

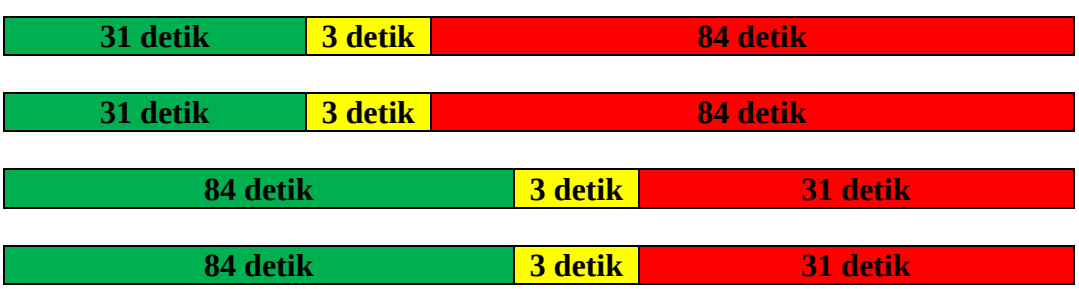
Pendekat	Eksisting	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Utara	C	D	D	D	E	E
Selatan	C	D	D	D	E	E
Timur	D	D	E	E	F	F
Barat	D	D	E	E	F	F

4.7.1 Skenario Mengubah Waktu Siklus Simpang Bersinyal

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan di dapat siklus sinyal APILL selama 119 detik, rincian pengamatan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4-20 Data waktu sinyal

Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Merah	All Red	
Utara	31	3	84	1	119
Selatan	31	3	84	1	119
Timur	84	3	31	1	119
Barat	84	3	31	1	119



Gambar 4-4 Waktu Siklus Simpang Tiap Pendekat

Dimana dalam kondisi eksisting di dapatkan tingkat pelayanan pada Simpang Cipendawa dengan rata – rata tingkat pelayanan C.

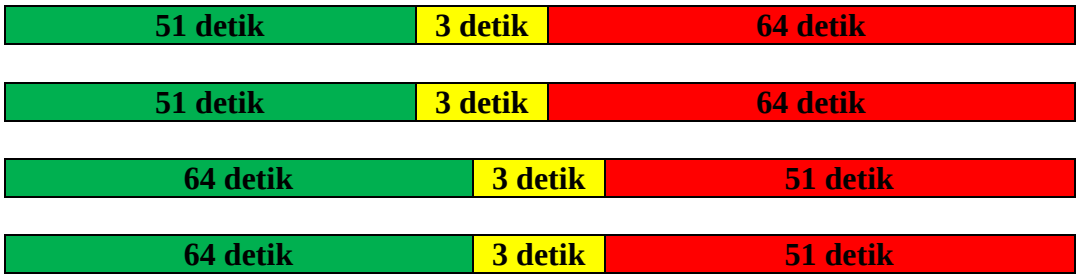
Tabel 4-21 Nilai Tingkat Pelayanan

Pendekat	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
Utara	24,38	C
Selatan	19,91	C
Timur	20,01	C
Barat	20,07	C

Berdasarkan hasil di lapangan, dalam penelitian ini akan dilakukan upaya untuk mengoptimalkan Simpang Cipendawa dimana dalam skenario analisis waktu siklus eksisting akan di ubah. Dimana upaya yang dilakukan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.26 Skenario Data waktu sinyal

Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Merah	All Red	
Utara	51	3	64	1	119
Selatan	51	3	64	1	119
Timur	64	3	51	1	119
Barat	64	3	51	1	119



Gambar 4-5 Waktu Siklus Simpang Tiap Pendekat

Tabel 4-23 Skenario Nilai Tingkat Pelayanan Metode MKJI

Pendekat	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan Simpang
Utara	13,41	B	13,463	B
Selatan	13,41	B		
Timur	13,42	B		
Barat	13,54	B		

Tabel 4-24 Skenario Nilai Tingkat Pelayanan Metode HCM 2000

Pendekat	Tundaan Cabang	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan Simpang
Utara	36,29	D	150,65	F
Selatan	36,29	D		
Timur	39,04	D		
Barat	39,04	D		

Dari upaya yang sudah di lakukan dengan merubah waktu siklus eksisting dengan skenario 1, dimana perubahan yang terjadi dari kondisi eksisting dengan tingkat pelayanannya C dan setelah melakukan analisis dengan menggunakan metode MKJI 1997 tingkat pelayanannya berubah menjadi B dengan perubahan rata – rata 36 % dan menggunakan metode HCM 2000 tingkat pelayanannya F dibawah tingkat pelayanan pada saat kondisi eksisting.

Tabel 4-25 Perubahan Skenario 1 Metode MKJI 1997

Pendekat	Eksisting	Skenario 1	%
Utara	24,38	13,41	-45%
Selatan	19,91	13,41	-33%
Timur	20,01	13,42	-33%
Barat	20,07	13,54	-33%
		Rata - rata	-36%

4.7.2 Prediksi 5 Tahun Skenario 1

1. Metode MKJI 1997

Tabel 4.27 Prediksi 5 Tahun Skenario 1 Metode MKJI 1997

Pendekat	Tahun 2016	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Utara	13,41	15,69	18,36	21,48	25,14	29,41
Selatan	13,41	15,69	18,36	21,48	25,13	29,40
Timur	13,42	15,71	18,37	21,50	25,15	29,43
Barat	13,54	15,84	18,53	21,68	25,37	29,68

Tabel 4.28 Prediksi 5 Tahun Tinggkat Pelayanan Skenario 1 Metode MKJI 1997

Pendekat	Tahun 2016	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Utara	B	C	C	C	D	D
Selatan	B	C	C	C	D	D
Timur	B	C	C	C	D	D
Barat	B	C	C	C	D	D

2. HCM 2000

Tabel 4.29 Prediksi 5 Tahun Skenario 1 Metode HCM 2000

Pendekat	Tahun 2016	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Utara	36,29	42,46	49,68	58,13	68,01	79,57
Selatan	36,29	42,46	49,68	58,13	68,01	79,57
Timur	39,04	45,67	53,44	62,52	73,15	85,58
Barat	39,04	45,67	53,44	62,52	73,15	85,58

Tabel 4.30 Prediksi 5 Tahun Tinggkat Pelayanan Skenario 1 Metode HCM 2000

Pendekat	Tahun 2016	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Utara	D	D	D	E	E	E
Selatan	D	D	D	E	E	E
Timur	D	D	D	E	E	F
Barat	D	D	D	E	E	F

4.7.3 Skenario Merubah Kapasitas Ruas Jalan

Dalam upaya optimalisasi skenario 2, dimana akan mencoba meningkatkan kapasitas ruas jalan Simpang Cipendawa dengan data eksisting di dapat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4-26 Arus Jenuh Eksisting

Pendekat	Tipe Pendekat	Lebar Efektif	S (smp/waktu hijau)
Utara	P (Terlindung) / (Teralawan)	5	3.000
Selatan	P (Terlindung) / (Teralawan)	19,35	11.610
Timur	P (Terlindung) / (Teralawan)	13,17	7.902
Barat	P (Terlindung) / (Teralawan)	14	8.400

Tabel 4-27 Tingkat Pelayanan Eksisting

Pendekat	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan Simpang
Utara	24,38	C	20,6026	C
Selatan	19,91	C		
Timur	20,01	C		
Barat	20,07	C		

Setelah dilakukan optimalisasi dengan meningkatkan kapasitas Simpang Cipendawa dengan cara melebarkan kondisi eksiting dengan menambah lebar efektif, dengan data perubahan yang dapat dilihat dari tabel di bawah ini :

Tabel 4-27 Arus Jenuh Skenario 2

Pendekat	TipePendekat	Lebar Efektif	So (smp/waktu hijau)
Utara	P (Terlindung) / (Teralawan)	16	9.600
Selatan	P (Terlindung) / (Teralawan)	19,35	11.610
Timur	P (Terlindung) / (Teralawan)	16	9.600
Barat	P (Terlindung) / (Teralawan)	16	9.600

Tabel 4-28 Tingkat Pelayanan Skenario 2 Metode MKJI 1997

Pendekat	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan Simpang
Utara	19,73	C	19,9850	C
Selatan	19,91	C		
Timur	20,04	C		
Barat	20,08	C		

Tabel 4-29 Tingkat Pelayanan Skenario 2 Metode HCM 2000

Pendekat	Tundaan Cabang	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan Simpang
Utara	32,07	D	150,65	F
Selatan	32,07	D		
Timur	43,26	E		
Barat	43,26	E		

Dari upaya yang sudah di lakukan dengan menambah lebar jalan, dimana perubahan yang terjadi dari kondisi eksisting dengan tingkat pelayanannya C dan setelah melakukan analisis dengan menggunakan metode MKJI 1997 tingkat pelayanannya sama dengan kondisi eksisting, hanya nilai tundaannya saja yang lebih kecil dari kondisi eksisting dan menggunakan metode HCM 2000 tingkat pelayanannya F dibawah tingkat pelayanan pada saat kondisi eksisting.

Tabel 4-30 Perubahan Skenario 2 Metode MKJI 1997

Pendekat	Eksisting	Skenario 2	%
Utara	24,38	19,73	-19,06%
Selatan	19,91	19,91	-0,02%
Timur	20,01	20,04	0,16%
Barat	20,07	20,08	0,04%
			-4,72%

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa upaya dalam meningkatkan kapasitas lebar efektif, dengan rata – rata perubahan adalah 4,72 %.

4.7.4 Prediksi 5 Tahun Skenario 2

1. MKJI 1997

Tabel 4.31 Prediksi 5 Tahun Skenario 2 Metode MKJI 1997

Pendekat	Tahun 2016	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Utara	19,73	23,09	27,01	31,60	36,98	43,26
Selatan	19,91	23,29	27,25	31,88	37,30	43,64
Timur	20,04	23,45	27,43	32,10	37,56	43,94
Barat	20,08	23,49	27,48	32,16	37,62	44,02

Tabel 4.32 Prediksi 5 Tahun Tinggkat Pelayanan Skenario 2 Metode MKJI 1997

Pendekat	Tahun 2016	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Utara	C	C	D	D	D	E
Selatan	C	C	D	D	D	E
Timur	C	C	D	D	D	E
Barat	C	C	D	D	D	E

2. HCM 2000

Tabel 4.33 Prediksi 5 Tahun Skenario 2 Metode HCM 2000

Pendekat	Tahun 2016	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Utara	32,07	37,52	43,90	51,37	60,10	70,32
Selatan	32,07	37,52	43,90	51,37	60,10	70,32
Timur	43,26	50,61	59,21	69,28	81,05	94,83
Barat	43,26	50,61	59,21	69,28	81,05	94,83

Tabel 4.34 Prediksi 5 Tahun Tinggkat Pelayanan Skenario 2 Metode HCM 2000

Pendekat	Tahun 2016	Tahun 2017	Tahun 2018	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Utara	C	D	D	D	E	E

Pendekat	Tahun	Tahun	Tahun	Tahun	Tahun	Tahun
Selatan	C	D	D	D	E	E
Timur	D	D	E	E	F	F
Barat	D	D	E	E	F	F

4.8 Rekapitulasi

1. MKJI 1997

Tabel 4.35 Rekapitulasi Optimalisasi Metode MKJI 1997

Pendekat	Eksisting 2016	Skenario 1 2016	Skenario 2 2016
Utara	24,38	13,41	19,73
Selatan	19,91	13,41	19,91
Timur	20,01	13,42	20,04
Barat	20,07	13,54	20,08

Tabel 4.36 Rekapitulasi Tingkat Pelayanan Optimalisasi Metode MKJI 1997

Pendekat	Eksisting 2016	Skenario 1 2016	Skenario 2 2016
Utara	C	B	C
Selatan	C	B	C
Timur	C	B	C
Barat	C	B	C

2. HCM 2000

Tabel 4.37 Rekapitulasi Optimalisasi Metode HCM 2000

Pendekat	Eksisting 2016	Skenario 1 2016	Skenario 2 2016
Utara	32,07	36,29	32,07
Selatan	32,07	36,29	32,07
Timur	43,26	39,04	43,26
Barat	43,26	39,04	43,26

Tabel 4.38 Rekapitulasi Tingkat Pelayanan Optimalisasi Metode HCM 2000

Pendekat	Eksisting 2016	Skenario 1 2016	Skenario 2 2016
Utara	C	D	C
Selatan	C	D	C
Timur	D	D	D
Barat	D	D	D

Tabel 4-31 Perbandingan Hasil Optimalisasi Simpang Cipendawa Metode MKJI 1997

Pendekat	Eksisting Smp/Jam	Skenario 1 Smp/Jam	Skenario 2 Smp/Jam
Utara	24,38	13,41	19,73
Selatan	19,91	13,41	19,91
Timur	20,01	13,42	20,04
Barat	20,07	13,54	20,08
Besar Perubahan		-36%	-4,72%

Dari hasil perbandingan skenario Mengubah Waktu Siklus Simpang Bersinyal dengan skenario Merubah Kapasitas Ruas Jalan di atas, upaya yang paling efektif terdapat pada skenario pertama menggunakan metode MKJI 1997 dengan besar perubahan 36 %.

Tabel 4.39 Perbandingan Hasil Optimalisasi Simpang Cipendawa Metode HCM 2000

Pendekat	Eksisting Smp/Jam	Skenario 1 Smp/Jam	Skenario 2 Smp/Jam
Utara	32,072	36,29	32,07
Selatan	32,072	36,29	32,07
Timur	43,255	39,04	43,26
Barat	43,255	39,04	43,26
Besar Perubahan		2%	0%

Dari tabel perbandingan antara kondisi eksiting dan scenario optimalisasi menggunakan metode HCM 2000 besar perubahan yang terjadi tidak begitu signifikan. Dan pada skenario 1 terjadi peningkatan volume sehingga volume jadi lebih besar dari kondisi eksisting sebesar 2%.