

BAB III

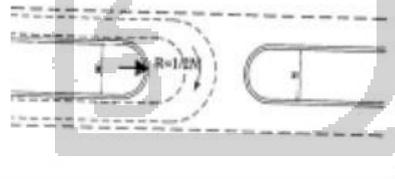
LANDASAN TEORI

3.1 Analisis Metode Perencanaan Putaran Balik (U-TURN) 06/BM/2005

3.1.1 Kebutuhan Lebar Median Ideal

Lebar median ideal adalah lebar median yang diperlukan oleh kendaraan dalam melakukan gerakan putaran balik dari lajur yang paling dalam menuju lajur yang paling dalam pada lajur lawan arah. Lebar median dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Lebar Median Ideal

Jenis Putaran	Lebar Lajur (m)	Kendaraan Kecil	Kendaraan Sedang	Kendaraan Besar
		Panjang Kendaraan Rencana		
		5,8 m	12,1 m	21 m
		Lebar Median Ideal (m)		
	3,5	8,0	18,5	20,0
	3	8,5	19,0	21,0
	2,75	9,0	19,5	21,5

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005

3.1.2 Bukaannya Median

Bukaan median direncanakan untuk mengakomodasi kendaraan agar dapat melakukan gerakan putaran balik (*u-turn*) pada tipe jalan terbagi serta dapat mengakomodasi gerakan memotong dan belok kanan. Bukaannya median jalan dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Bukaian Median

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005

Bukaian median memiliki beberapa persyaratan yang bisa dilihat pada Tabel 3.2 persyaratan ini mencakup kendaraan kecil, kendaraan sedang dan kendaraan berat dengan ketentuan lebar masing-masing kendaraan.

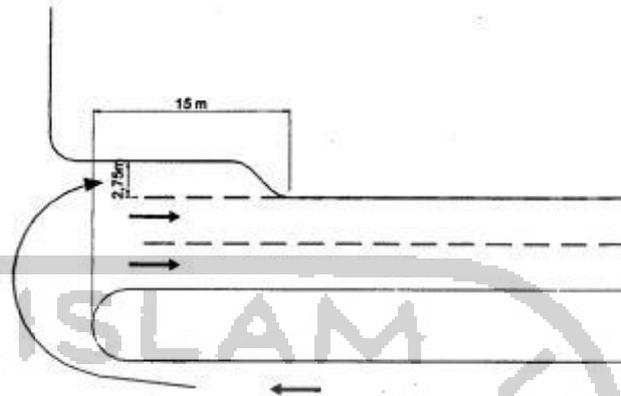
Tabel 3.2 Persyaratan Bukaian Median

Kendaraan Rencana	L (m)
Kendaraan Kecil	4,5
Kendaraan Sedang (untuk jalan perkotaan)	5,5
Kendaraan Berat	12

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005

3.1.3 Putaran Balik Di Persimpangan Bersinyal

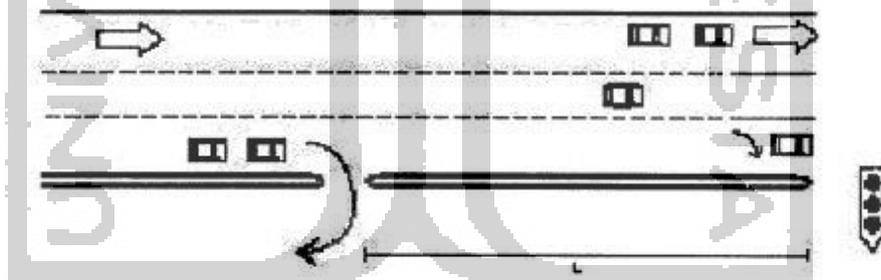
Kendaraan rencana putaran balik di persimpangan bersinyal adalah kendaraan kecil. Kendaraan sedang dan kendaraan besar tidak diijinkan melakukan gerakan putaran balik di persimpangan bersinyal. Putaran balik di persimpangan bersinyal dapat direncanakan pada jalan 6 lajur 2 arah terbagi (6/2 D) dengan fase khusus untuk gerakan putaran balik. Putaran balik di persimpangan bersinyal pada lajur 4 lajur 2 arah terbagi (4/2 D) harus dilakukan penambahan lajur seperti disyaratkan pada gambar berikut.



Gambar 3.2 Putaran balik di Persimpangan Bersinyal Pada Tipe Jalan 4/2 D

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005

Putaran balik yang terdapat di Jalan Laksada Adisucipto termasuk putaran balik sebelum persimpangan. Pada Bina Marga 2005 tentang perencanaan putaran balik, putaran balik sebelum persimpangan harus mengacu pada studi persimpangan bersinyal guna mendapatkan panjang antrian rata-rata per siklus (L).



Gambar 3.3 Putaran Balik Sebelum Persimpangan Bersinyal

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005

3.1.4 Dampak Putaran Balik (*U-Turn*)

Gerakan putaran balik (*u-turn*) dapat menimbulkan tundaan dan antrian kendaraan dibelakangnya maupun yang berada di jalur berlawanan, hal tersebut tidak akan terjadi apabila terdapat jarak waktu antara kendaraan yang akan berputar balik dengan kendaraan pada jalur lawan yang cukup. Agar tidak terjadi dampak tundaan

dan antrian jarak waktu minimum dan arus lalu lintas maksimum yang diijinkan dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Jarak Waktu Minimum dan Arus Lalu Lintas Maksimum Untuk Melakukan Gerakan Putaran Balik

Tipe Jalan	Jarak Waktu Minimum Antara Kendaraan Pada Lajur Lawan (detik)	Arus Lalu Lintas Maksimum Pada Lajur Lawan (kendaraan/jam)
4/2D	14	500
6/2D	12	900

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005

1. Tundaan Akibat Gerakan Putaran Balik

Tundaan yang sebabkan oleh kendaraan yang melakukan putaran balik yang berada dilajur yang searah dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Tundaan yang Disebabkan Oleh Kendaraan

Volume rata-rata lalu lintas tiap lajur pada pada jalur lawan (kendaraan/jam)	Tundaan karena 1 kendaraan berputar	
	4/2D	6/2D
600	7,32	6,19
1000	9,36	8,95
1400	12,04	13,63
1600	13,62	16,69

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005

2. Panjang Antrean yang Ditimbulkan

Panjang antrean pada tepi lajur kendaraan sebelum melakukan gerakan putaran balik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

- a. Untuk 4 lajur 2 arah terbagi (4/2D)

$$\text{Panjang Antrean} = -1,29706 + 0,0977 \cdot \text{waktu tunggu} + 0,00214 \cdot \text{vol. a1} \quad (3.1)$$

- b. Untuk 6 lajur 2 arah terbagi (6/2D)

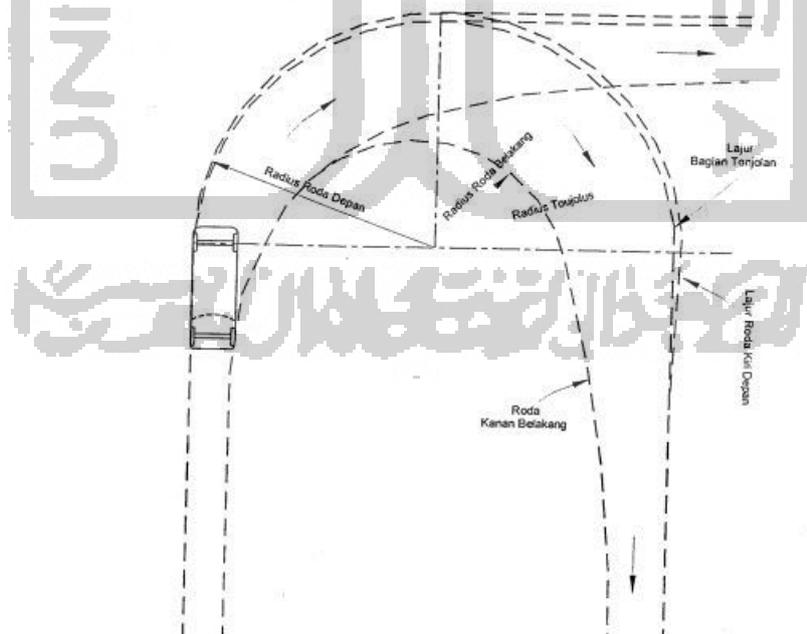
$$\text{Panjang Antrean} = -1,50958 + 0,069203 \cdot \text{median} + 0,008853 \cdot \text{waktu tunggu} + 0,001913 \cdot \text{vol. a1} \quad (3.2)$$

Keterangan :

Median	= (m)
Waktu tunggu	= (detik)
Volume a1	= (smp/jam)

3.2 Radius Putaran

Radius putaran kendaraan dibutuhkan untuk menentukan lebar jalur yang dibutuhkan kendaraan saat melakukan putaran. Menurut Bina Marga 2005 tentang perencanaan putaran balik, radius putaran minimum kendaraan adalah jari-jari jejak yang dibuat roda/ban depan bagian luar apabila kendaraan membuat perputaran yang paling tajam yang mungkin dilakukan pada kecepatan kurang dari 15km/jam.



Gambar 3.4 Jari-jari Putaran Kendaraan

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005

Pada Bina Marga 1997 tentang Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Kota dimensi kendaraan rencana telah ditetapkan. Dimensi kendaraan rencana tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.5 di bawah ini.

Tabel 3.5 Dimensi Kendaraan Rencana

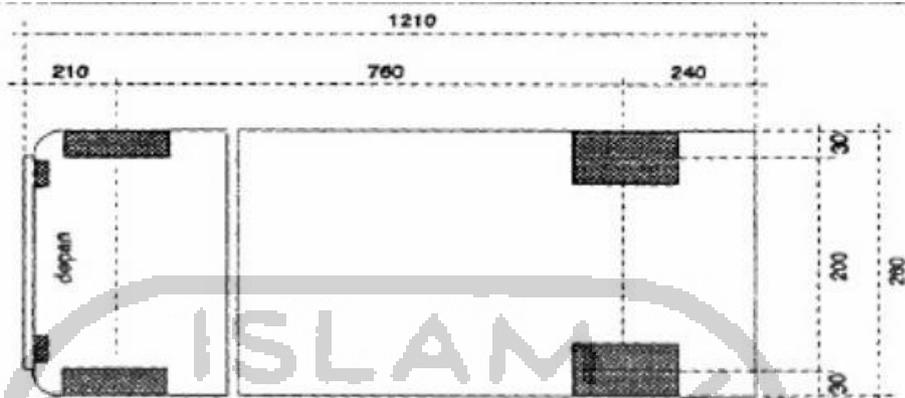
Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putaran		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997



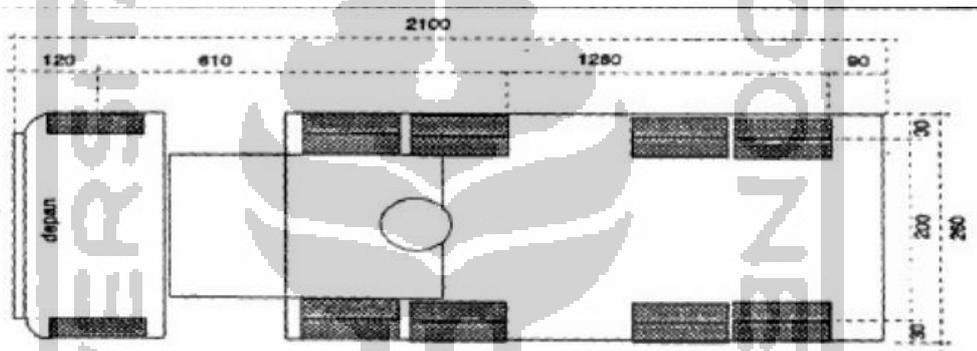
Gambar 3.5 Dimensi Kendaraan Kecil

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997



Gambar 3.6 Dimensi Kendaraan Sedang

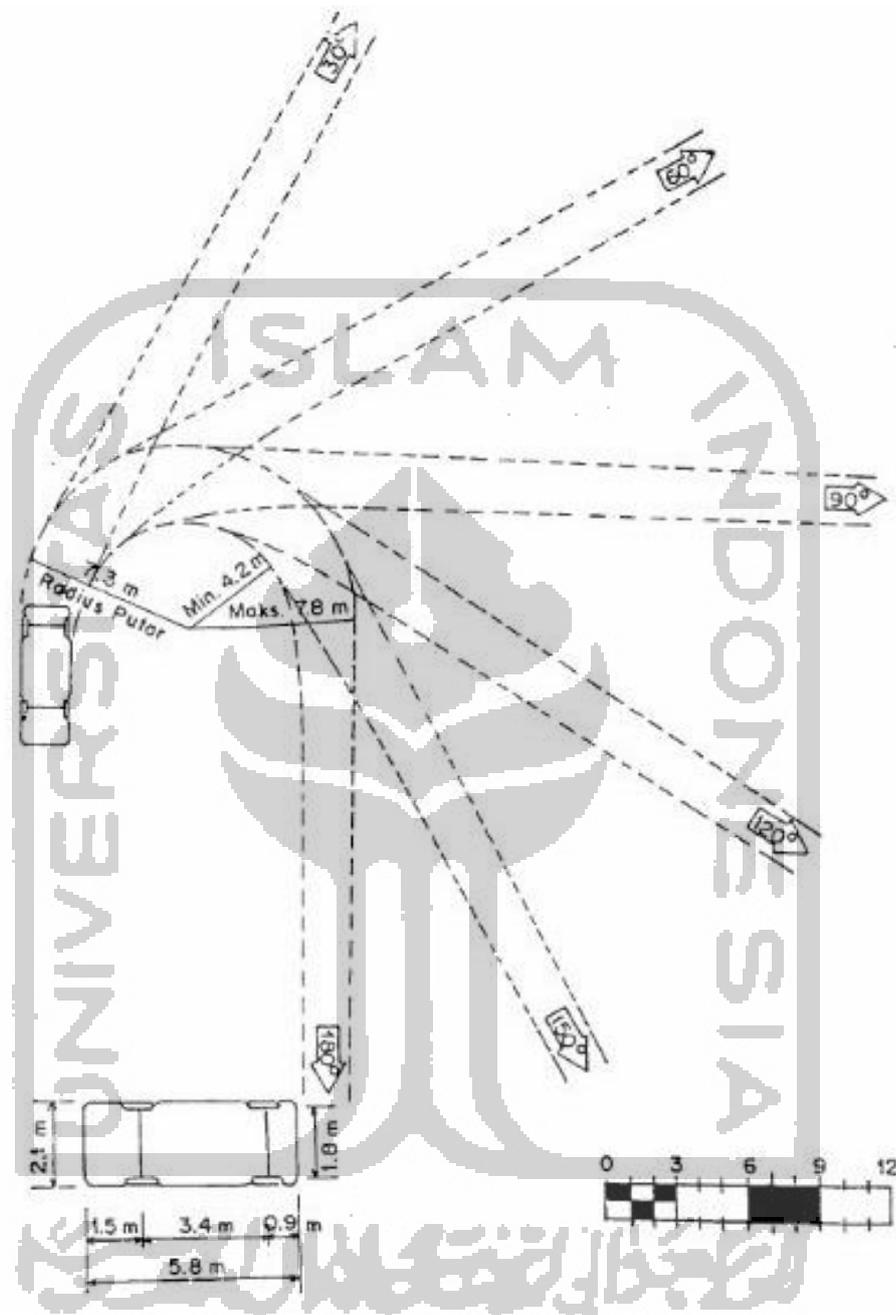
Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997



Gambar 3.7 Dimensi Kendaraan Besar

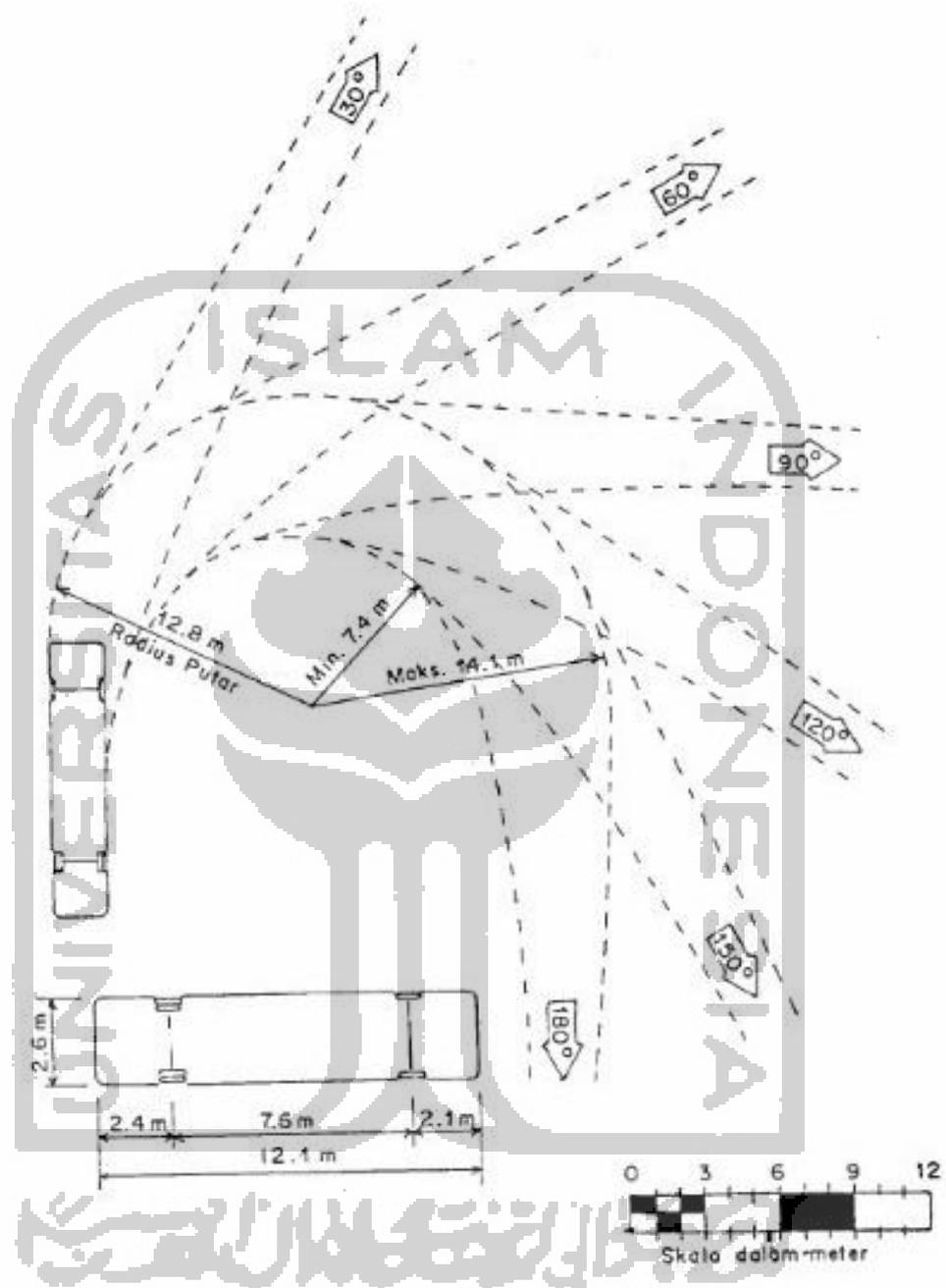
Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997

Dengan adanya perbedaan dimensi kendaraan maka radius putaran setiap jenis kendaraan akan berbeda pula. Semakin besar kendaraannya maka semakin besar radius putarannya. Radius putaran kendaraan kecil, sedang, dan besar dapat dilihat seperti berikut.



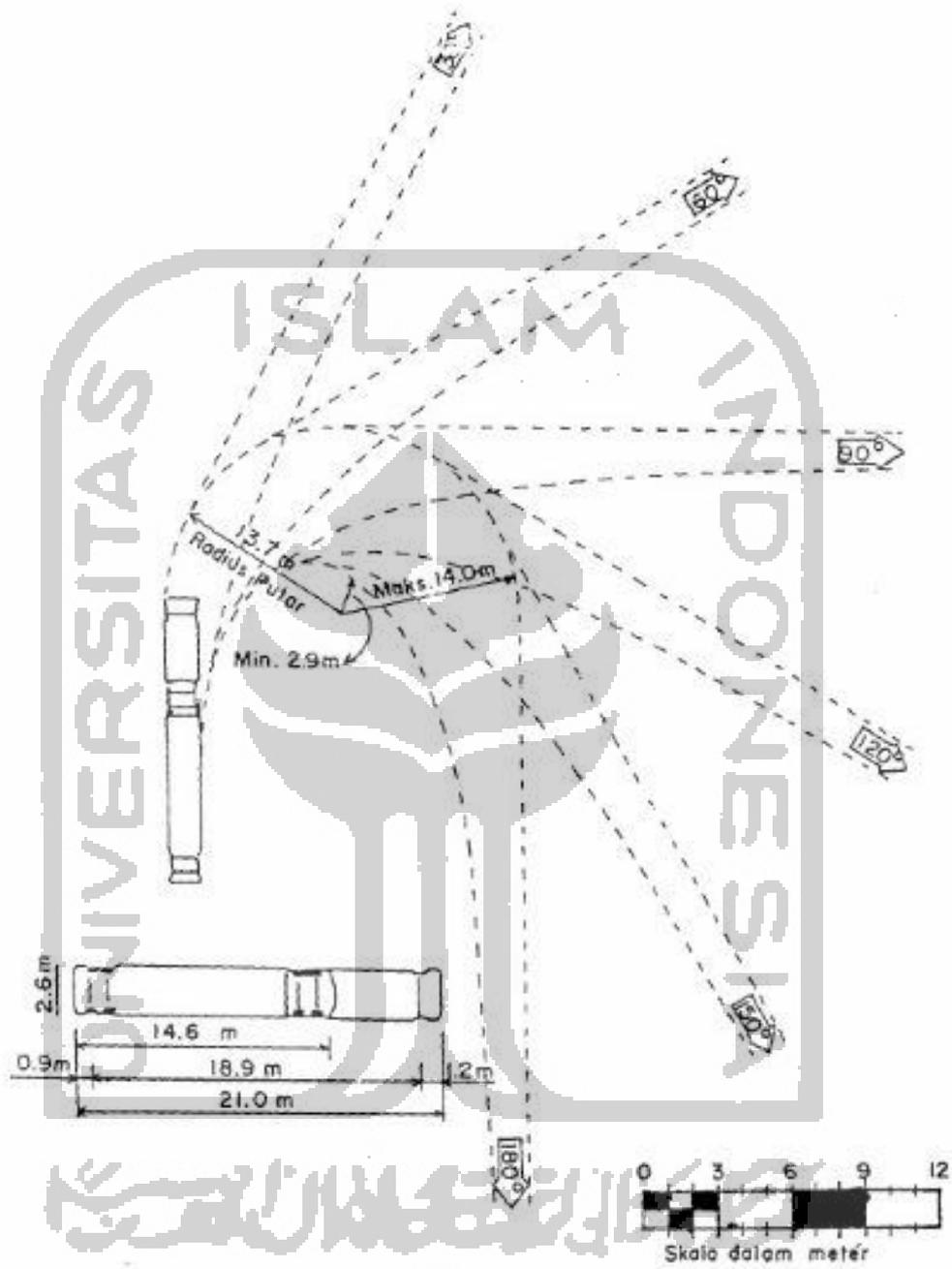
Gambar 3.8 Jari-jari Manuver Kendaraan Kecil

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997



Gambar 3.9 Jari-jari Manuver Kendaraan Sedang

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997



Gambar 3.10 Jari-jari Manuver Kendaraan Berat

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997

3.3 Analisis Kinerja Lalu Lintas Ruas Jalan

Kinerja ruas jalan dapat ditentukan dari hasil derajat kejenuhan atau kecepatan kendaraan. Semakin tinggi nilai derajat kejenuhan atau semakin rendah kecepatan kendaraan maka kinerja ruas jalan tersebut semakin buruk dan sebaliknya.

3.3.1 Volume Arus Lalu Lintas

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dari satu segmen atau ruas jalan selama waktu tertentu. Dalam hal ini volume yang digunakan adalah volume jam puncak. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), nilai arus lalu lintas diubah menjadi satuan kendaraan ringan (skr) dengan cara mengkali volume kendaraan dengan ekivalensi kendaraan ringan (ekr). Nilai ekivalensi kendaraan ringan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Ekivalensi Kendaraan Ringan untuk Jalan Terbagi

Tipe Jalan	Arus Lalu Lintas per Lajur (Kendaraan/jam)	Ekr	
		KB	SM
2/1 T	<1050	1,3	0,40
4/2 T	≥1050	1,2	0,25
3/1 T	<1110	1,3	0,4
6/2 T	≥1110	1,2	0,25

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia

Tipe kendaraan dalam volume lalu lintas ruas jalan dibagi menjadi sepeda motor (SM), kendaraan ringan (KR), dan kendaraan berat (KB) dengan rincian kendaraan sebagai berikut.

1. Sepeda motor (SM)
2. Kendaraan ringan (KR) yaitu mobil penumpang, *jeep*, sedan, bis mini, *pick up*, dll.
3. Kendaraan berat (KB) yaitu bus dan truk.

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), perhitungan arus kendaraan bermotor dapat menggunakan persamaan 3.3 berikut.

$$Q = [(ekr_{KR} \times KR) + (ekr_{KB} \times KB) + (ekr_{SM} \times SM)] \quad (3.3)$$

Keterangan :

Q = Jumlah arus kendaraan (skr)

ekr = Ekuivalensi kendaraan ringan

KR = Kendaraan ringan

KB = Kendaraan berat

SM = Sepeda Motor

3.3.2 Hambatan Samping

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), hambatan samping adalah kegiatan di samping (sisi jalan) yang berdampak terhadap kinerja lalu lintas. Aktivitas yang terjadi di sisi jalan sering menimbulkan konflik yang dapat mempengaruhi kinerja ruas jalan. Kategori hambatan samping dan factor berbobotnya dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Hambatan Samping Ruas Jalan

Tipe Kejadian	Simbol	Faktor Berbobot
Kendaraan Berhenti atau Parkir	KP	1,0
Pejalan Kaki	PK	0,5
Kendaraan Tidak Bermotor	UM	0,4
Kendaraan Keluar Masuk	MK	0,7

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

3.3.3 Kecepatan Tempuh Kendaraan

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), kecepatan dapat didefinisikan sebagai laju dari suatu pergerakan kendaraan dihitung dengan persamaan 3.4 berikut.

$$V_s = \frac{L}{TT} \quad (3.4)$$

Keterangan :

V_s = Kecepatan tempuh rata-rata (km/jam, m/dt)

L = Panjang penggal jalan (m)

TT = Waktu tempuh rata-rata sepanjang segmen jalan (detik)

3.3.4 Analisis Kapasitas Ruas Jalan

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), jalan dua lajur dua arah, kapasitas dipisahkan untuk dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak jalur, arus dipisahkan per arah dan kapaitas ditentukan per lajur. Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK} \quad (3.5)$$

Keterangan :

C = Kapasitas (skr/jam)

C_0 = Kapasitas Dasar (skr/jam)

FC_{LJ} = Faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{PA} = Faktor penyesuaian pemisah jalan

FC_{HS} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan

FC_{UK} = Faktor penyesuaian ukuran kota

1. Kapasitas dasar

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014) nilai dari faktor kapasitas dasar dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Nilai Kapasitas Dasar (C_0)

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (skr/jam)	Catatan
4/2 T atau jalan satu arah	1650	Per lajur (satu arah)
2/2 T	2900	Per lajur (dua arah)

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

2. Faktor penyesuaian akibat lebar lajur (FC_{LJ})

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), nilai faktor penyesuaian akibat lebar lajur dapat dilihat pada Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.9 Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Lajur (FC_{LJ})

Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu lintas-W_e (m)	FC_{LJ}
4/2 T atau Jalan Satu Arah	Lebar Per Lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
2/2 T	4,00	1,08
	Lebar Jalur Dua Arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
10	1,29	
	11	1,34

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

3. Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah arah (FC_{PA})

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), nilai faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah arah dapat dilihat pada table 3.10 berikut.

Tabel 3.10 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pemisah Arah (FC_{PA})

Pemisah Arah (PA) %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{PA}	Dua Lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,99
	Empat Lajur 4/2	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

4. Faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping (FC_{HS})

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), nilai faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping dapat dilihat pada Tabel 3.11 berikut.

Tabel 3.11 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Hambatan Samping

Tipe Jalan	Kelas HS	FC_{HS}			
		Lebar Bahu Efektif W_s			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 T	Sangat Rendah	0,96	0,98	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,88	0,92	0,95	0,98
	Sangat Tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
2/2 T atau Jalan Satu Arah	Sangat Rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	0,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

5. Faktor penyesuaian kapasitas ukuran kota (FC_{UK})

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), nilai faktor penyesuaian kapasitas ukuran kota dapat dilihat pada Tabel 3.12 berikut.

Tabel 3.12 Faktor Penyesuaian kapasitas Ukuran Kota (FC_{UK})

Ukuran Kota (juta Penduduk)	(FC_{UK})
<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 : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

3.3.5 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_J) adalah rasio arus jalan terhadap kapasitas yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan kinerja ruas jalan dan simpang. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), persamaan untuk derajat kejenuhan adalah sebagai berikut.

$$D_J = \frac{Q}{C} \quad (3.6)$$

Keterangan :

- D_J = Derajat Kejenuhan
- Q = Volume Arus Lalu Lintas (skr/jam)
- C = Kapasitas (skr/jam)

3.4 Kinerja Simpang Bersinyal

3.4.1 Volume Arus Lalu Lintas Simpang Bersinyal

Sama seperti volume arus lalu lintas pada ruas, volume arus lalu lintas simpang bersinyal didapatkan dengan cara survei di lapangan yang diambil untuk mendapatkan volume jam puncak. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), volume arus lalu lintas simpang bersinyal diubah menjadi satuan kendaraan ringan (skr) dengan menggunakan ekivalensi kendaraan ringan (ekr). Nilai ekivalensi kendaraan ringan (ekr) dapat dilihat pada Tabel 3.13 berikut.

Tabel 3.13 Nilai Ekuivalensi Kendaraan Ringan Simpang Bersinyal

Jenis Kendaraan	Ekr untuk Tipe Pendekat	
	Terlindung	Terlawan
SM	0,15	0,4
KR	1	1
KB	1,3	1,3

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

Tipe kendaraan dalam volume lalu lintas ruas jalan dibagi menjadi sepeda motor (SM), kendaraan ringan (KR), dan kendaraan berat (KB) dengan rincian kendaraan sebagai berikut.

1. Sepeda motor (SM)
2. Kendaraan ringan (KR) yaitu mobil penumpang, *jeep*, sedan, bis mini, *pick up*, dll.
3. Kendaraan berat (KB) yaitu bus dan truk.

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), perhitungan arus kendaraan bermotor dapat menggunakan persamaan 3.7 berikut.

$$Q = [(ekr_{KR} \times KR) + (ekr_{KB} \times KB) + (ekr_{SM} \times SM)] \quad (3.7)$$

Keterangan :

Q = Jumlah arus kendaraan (skr)

ekr = Ekuivalensi kendaran ringan

KR = Kendaraan ringan

KB = Kendaraan berat

SM = Sepeda Motor

3.4.2 Arus Jenuh

Arus jenuh adalah hasil perkalian antara arus jenuh dasar (S_0) dengan faktor penyesuaian. Arus jenuh dasar (S_0) adalah arus jenuh (S) pada keadaan lalu lintas

dan geometri yang ideal, sehingga faktor penyesuaian untuk S_0 adalah satu. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), arus jenuh dirumuskan pada persamaan 3.8 berikut.

$$S = S_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{VKa} \quad (3.8)$$

Keterangan :

S_0 = Arus jenuh dasar

F_{HS} = Faktor penyesuaian S_0 akibat hambatan samping lingkungan jalan

F_{UK} = Faktor penyesuaian S_0 terkait ukuran kota

F_G = Faktor penyesuaian S_0 akibat kelandaian memanjang jalan

F_P = Faktor penyesuaian S_0 akibat adanya garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parker pertama.

F_{BK_i} = Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang belok kiri

F_{BKa} = Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas yang belok kanan

1. Arus Jenuh Dasar (S_0)

Menurut Ahmad Munawar (2004), arus jenuh dasar didapat dari persamaan berikut.

$$S_0 = 780 \times Le \quad (3.9)$$

Keterangan :

Le = Lebar efektif pendekat

2. Faktor penyesuaian S_0 terkait ukuran kota (F_{UK})

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), nilai dari faktor penyesuaian S_0 terkait ukuran kota (F_{UK}) adalah sebagai berikut.

Tabel 3.14 Faktor Penyesuaian S₀ Terkait Ukuran Kota (F_{UK})

Jumlah Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{UK})
>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 : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

3. Faktor penyesuaian S₀ akibat hambatan samping lingkungan jalan (F_{HS})

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), nilai faktor penyesuaian S₀ akibat hambatan samping lingkungan jalan (F_{HS}) dapat dilihat pada Tabel 3.15 berikut.

Tabel 3.15 Faktor Penyesuaian S₀ Akibat Hambatan Samping Lingkungan Jalan (F_{HS})

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,1	0,15	0,2	≥0,25
Komersial (KOM)	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
Pemukiman (KIM)	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	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86

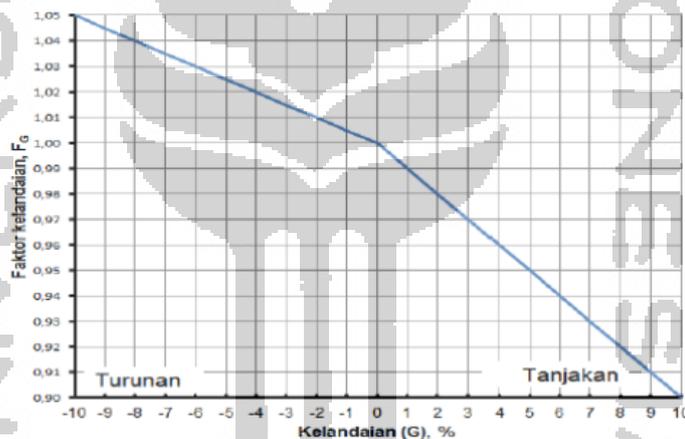
Lanjutan Tabel 3.15 Faktor Penyesuaian S_0 Akibat Hambatan Samping Lingkungan Jalan (F_{HS})

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,1	0,15	0,2	$\geq 0,25$
Akses Terbatas	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 : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

4. Faktor penyesuaian S_0 akibat kelandaian memanjang jalan (F_G)

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), nilai faktor penyesuaian S_0 akibat kelandaian memanjang jalan dapat dilihat pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 Faktor Penyesuaian untuk Kelandaian (F_G)

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

5. Faktor penyesuaian S_0 akibat adanya garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama (F_p)

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), faktor penyesuaian S_0 akibat adanya garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama dapat dilihat pada persamaan 3.10 dan Gambar 3.12 sebagai berikut.

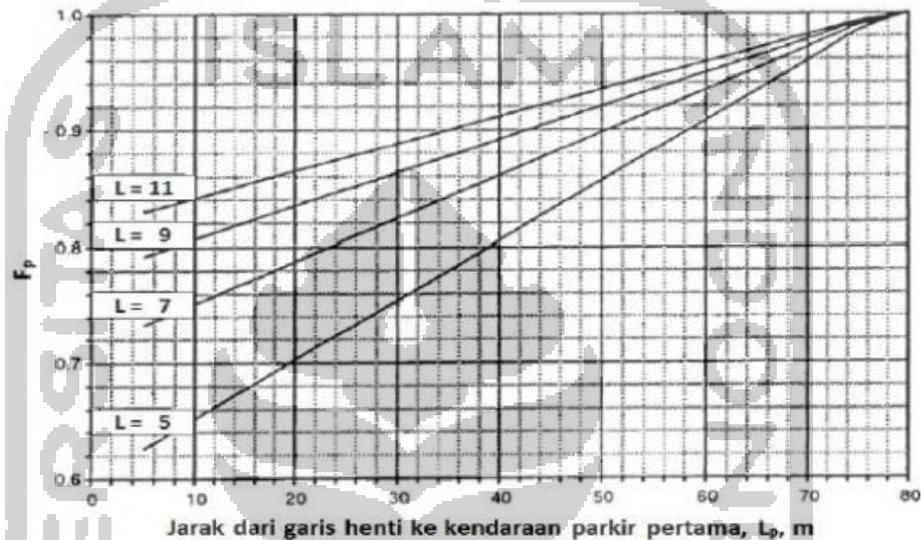
$$F_p = \frac{L_p}{3} \frac{(L-2) \times \frac{L_p}{3} - g}{L} \quad (3.10)$$

Keterangan :

L_p = Jarak antara garis henti kendaraan yang parkir pertama pada lajur belok Kiri atau panjang dari lajur kiri yang pendek (m)

L = Lebar pendekat (m)

H = waktu hijau pada pendekat yang ditinjau



Gambar 3.12 Faktor Penyesuaian untuk Pengaruh Parkir (F_p)

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

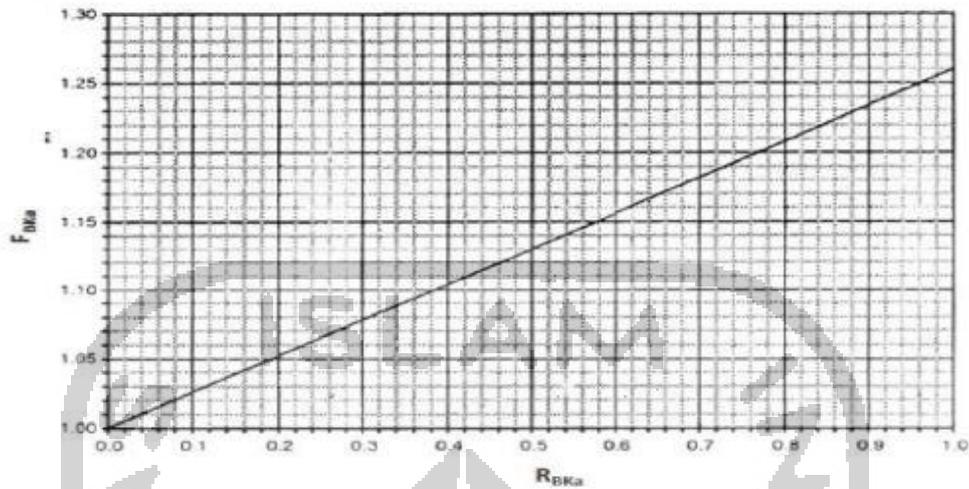
6. Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas belok kanan (FBK_a)

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas belok kanan dapat dilihat pada persamaan 3.11 dan Gambar 3.13 berikut.

$$F_{BK_a} = 1,0 + R_{BK_a} \times 0,26 \quad (3.11)$$

Keterangan :

F_{BK_a} = Faktor penyesuaian belok kanan



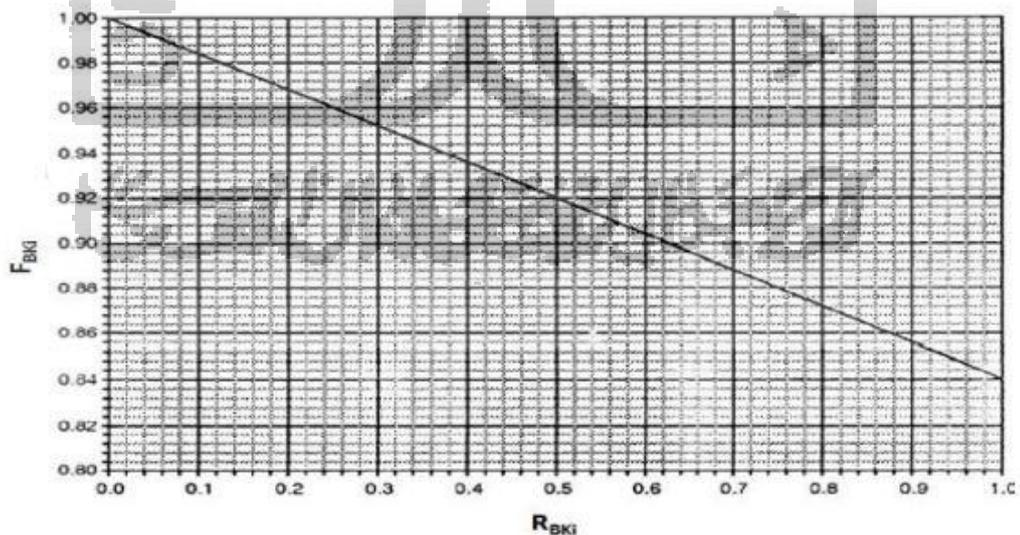
Gambar 3.13 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{BKa})

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

7. Faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas belok kiri (F_{BKl})

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), faktor penyesuaian S_0 akibat arus lalu lintas belok kiri dapat dilihat pada persamaan 3.12 dan Gambar 3.14 berikut.

$$F_{BKl} = 1 - R_{BKl} \times 0,16 \quad (3.12)$$



Gambar 3.14 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BKl})

Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014)

3.4.3 Kapasitas Simpang APILL (C)

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), kapasitas simpang bersinyal dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$C = S \times \frac{H}{c} \quad (3.13)$$

Keterangan :

C = Kapasitas simpang APILL (skr/jam)

S = Arus Jenuh (skr/jam)

H = Total waktu hijau dalam satu siklus (detik)

c = Waktu siklus (detik)

3.4.4 Derajat Kejenuhan (D_J)

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), derajat kejenuhan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$D_J = \frac{Q}{C} \quad (3.14)$$

Keterangan :

D_J = Derajat kejenuhan (skr/jam)

Q = Arus lalu lintas (skr/jam)

C = Kapasitas simpang APILL (skr/jam)

3.4.5 Panjang Antrian (PA)

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), jumlah rata-rata antrian kendaraan pada awal isyarat lampu hijau (N_Q) dihitung sebagai jumlah kendaraan terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{Q1}) ditambah jumlah kendaraan yang datang dan berhenti dalam antrian selama fase merah (N_{Q2}), sehingga persamaan perhitungannya menjadi seperti berikut.

$$N_Q = N_{Q1} + N_{Q2} \quad (3.14)$$

Jika $D_J > 0,5$ maka :

$$N_{Q1} = 0,25 \times c \times \left\{ (D_J - 1)^2 + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{c}} \right\} \quad (3.15)$$

Jika $D_J \leq 0,5$ maka $N_{Q1} = 0$

$$N_{Q2} = c \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{Q}{3600} \quad (3.16)$$

Keterangan :

- N_Q = Jumlah rata-rata antrian kendaraan pada awal isyarat lampu hijau (skr)
 N_{Q1} = Jumlah rata-rata antrian terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (skr)
 N_{Q2} = Jumlah kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase Merah (skr)
 c = Waktu siklus (detik)
 D_J = Derajat kejenuhan
 R_H = Perbandingan waktu hijau terhadap waktu fase pada pendekatan yang Ditinjau

Setelah melakukan perhitungan N_Q menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), panjang antrian (PA) dapat dihitung dengan persamaan 3.17 berikut.

$$PA = N_Q \times \frac{20}{L_M} \quad (3.17)$$

Keterangan :

- PA = Panjang Antrian (m)
 N_Q = Jumlah rata-rata antrian kendaraan pada awal isyarat lampu hijau (skr)
 L_M = lebar masuk (m)

3.4.6 Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})

Rasio kendaraan henti adalah rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat adanya isyarat fase merah sebelum melewati suatu simpang terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), rasio kendaraan henti (R_{KH}) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_Q}{Q \times c} \times 3600 \quad (3.18)$$

Keterangan :

R_{KH} = Rasio kendaraan henti

N_Q = Jumlah rata-rata antrian kendaraan pada awal isyarat lampu hijau (skr)

Q = Arus lalu lintas (skr/jam)

c = waktu siklus (detik)

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (N_H) adalah jumlah berhenti rata-rata per kendaraan sebelum melewati simpang (termasuk berhenti teulang dalam antrian). Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), nilai N_H dapat dicari menggunakan persamaan 3.19 berikut.

$$N_H = Q \times R_{KH} \quad (3.19)$$

Keterangan :

N_H = Jumlah rata-rata kendaraan berhenti (skr)

Q = Arus lalu lintas (skr/jam)

R_{KH} = Rasio kendaraan henti

3.4.7 Tundaan (T)

Tundaan dapat disebabkan oleh dua hal yaitu tundaan lalu lintas dan tundaan geometri. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), tundaan lalu lintas dan tundaan geometri dapat dicari menggunakan persamaan 3.20 dan 3.21 berikut.

$$T_L = c \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_j)} + \frac{N_{Q1} \times 3600}{c} \quad (3.20)$$

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (3.21)$$

Keterangan :

T_L = Tundaan lalu lintas (detik)

T_G = Tundaan geometro (detik)

c = Waktu siklus (detik)

R_H = Perbandingan waktu hijau terhadap waktu fase pada pendekatan yang ditinjau

D_j = Derajat kejenuhan

N_{Q1} = Jumlah kendaraan terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (skr)

R_{KH} = Rasio kendaraan henti

P_B = Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekatan

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), tundaan rata-rata suatu pendekatan dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$T_i = T_{Li} + T_{Gi} \quad (3.22)$$

Keterangan :

T_i = Tundaan rata-rata untuk suatu pendekatan i (detik)

T_L = Tundaan lalu lintas (detik)

T_G = Tundaan Geometri (detik)

3.5 Level of Service (LOS)

Level of Service atau tingkat pelayanan digunakan untuk mengukur kinerja suatu ruas jalan dan simpang bersinyal. Pengukuran tingkat pelayanan dapat dilihat dari parameter derajat kejenuhan atau kecepatan.

3.5.1 *Level of Service* Pada Simpang Bersinyal

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), level of service pada simpang bersinyal dapat ditentukan dengan melihat nilai derajat kejenuhan pendekat simpang. Semakin rendah nilai derajat kejenuhan maka kinerja pendekat simpang tersebut baik. Sebaliknya apabila nilai derajat kejenuhannya mendekati satu maka kinerja simpang tersebut buruk.

3.5.2 *Level of Service* Pada Ruas Jalan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), kinerja ruas jalan dilihat dari variable arus, komposisi kendaraan, kecepatan arus bebas, kapasitas, derajat kejenuhan, kecepatan dan perilaku lalu lintas yang diwakili oleh tingkat pelayanan (LOS). Tingkat pelayanan (LOS) ruas berdasarkan kecepatan dapat dilihat pada table 3.16

Tabel 3.16 Kriteria Tingkat Pelayanan Ruas Jalan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik Lalu Lintas
A	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arus bebas dengan volume lalu lintas rendah dan kecepatan sekurang-kurangnya 80 (delapan puluh) kilometer per jam 2. Kepadatan lalu lintas rendah 3. Pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkannya tanpa atau dengan sedikit tundaan
B	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arus stabil dengan volume lalu lintas sedang dan kecepatan sekurang-kurangnya 70 (tujuh puluh) kilometer per jam 2. Kepadatan lalu lintas rendah hambatan internal lalu lintas belum mempengaruhi kecepatan 3. Pengemudi masih punya cukup kebebasan untuk memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan
C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arus stabil tetapi pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi dengan kecepatan sekurang-kurangnya 60 (enam puluh) kilometer per jam 2. Kepadatan lalu lintas sedang karena hambatan internal lalu lintas meningkat

Lanjutan Tabel 3.16 Kriteria Tingkat Pelayanan Ruas Jalan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik Lalu Lintas
	3. Pengemudi memiliki keterbatasan untuk memilih kecepatan, pindah lajur atau mendahului
D	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arus mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas tinggi dan kecepatan sekurang-kurangnya 50 (lima puluh) kilometer per jam 2. Masih ditolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus 3. Kepadatan lalu lintas sedang namun fluktuasi volume lalu lintas dan hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar 4. Pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam menjalankan kendaraan, kenyamanan rendah, tetapi kondisi ini masih dapat ditolerir untuk waktu yang singkat
E	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arus mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sekurang-kurangnya 30 (tiga puluh) kilometer per jam pada jalan perkotaan 2. Kepadatan lalu lintas tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi 3. Pengemudi mulai merasa kemacetan-kemacetan durasi pendek
F	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang dengan kecepatan kurang dari 30 (tiga puluh) kilometer per jam 2. Kepadatan lalu lintas sangat tinggi dan volume rendah serta terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama 3. Dalam keadaan antrian, kecepatan maupun volume turun sampai 0 (nol)

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 (2015)

3.6 Software VISSIM

Vissim (Verkehr in Städten Simulation Model) merupakan sebuah model simulasi berbasis mikroskopik, jangka waktu dan tingkah laku yang di kembangkan

untuk permodelan lalu lintas perkotaan, transportasi umum dan *pedestrian* (pejalan kaki). Program ini mampu menganalisis kendaraan pribadi maupun transportasi umum dibawah kendala konfigurasi jalur, komposisi kendaraan, lalu lintas bersinyal dan lain-lain sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi perencanaan transportasi yang lebih efektif.

Vissim dapat digunakan untuk mengatur berbagai masalah transportasi. Macam-macam kegunaan *software VISSIM* ini adalah :

1. Simulasi Arterial
 - a. Model jaringan jalan.
 - b. Mensimulasi model persimpangan.
 - c. Menganalisis karakteristik antrian.
 - d. Mendesain waktu lampu sinyal.
2. Simulasi Transportasi Umum
 - a. Memodelkan semua detail dari bus, trem, *Light Rail Transit* (LRT), *Mass Rapid Transit* (MRT), *Bus Rapid Transit* (BRT).
 - b. Menganalisis peningkatan operasional pada transportasi umum.
3. Simulasi Pejalan Kaki (Pedestrian)
 - a. Memodelkan Kawasan pedestrian pada Kawasan multimoda.
 - b. Merencanakan jalur evakuasi pada bangunan dan keadaan tertentu.
4. Simulasi Jalan Tol
 - a. Mensimulasikan manajemen Lalu Lintas Aktif dan *Intelligent Transport System* (ITS).
 - b. Analisis dan uji Kawasan kerja strategis.

Software VISSIM dapat menampilkan animasi dengan visual 3D sehingga penggunaanya dapat memanipulasi berbagai macam jenis rekayasa lalu lintas yang diperlukan tanpa perlu merubahnya langsung di lapangan.

3.7 Kalibrasi dan Validasi Model

Kalibrasi adalah proses menyesuaikan parameter untuk mendapatkan kesesuaian antara nilai simulasi dan data yang diamati. Sedangkan validasi adalah sesuatu yang berkaitan dengan penentuan apakah model simulasi dapat

mempresentasikan secara akurat. Dalam hal ini model simulasi valid jika data yang dihasilkan mendekati hasil kejadian di lapangan. Proses kalibrasi dan validasi perlu dilakukan agar hasil keluaran model mendekati hasil penelitian.

Kalibrasi dapat dilakukan dengan melakukan perubahan pada *driving behavior* dengan metode *trial and error* hingga didapatkan kebiasaan dan karakteristik pengemudi yang hampir menyerupai pengemudi di Jalan Laksada Adisucipto. Parameter *driving behavior* yang dapat diubah antara lain :

1. *Desired Position at Free Flow*
2. *Overtake on Same Lane*
3. *Distance Standing*
4. *Distance Driving*
5. *Average Standstill Distance*
6. *Average Part of Safety Distance*
7. *Multiplicative Part of Safety Distance*

Parameter-parameter validasi dapat berupa volume, kecepatan, dan lain sebagainya. Menurut Colilins (2009), Validasi tidak memenuhi persyaratan apabila perbandingan data di lapangan dan di simulasi mengalami simpangan melebihi 15%. Apabila hasil validasi melebihi 15% maka perlu dilakukan kalibrasi.