

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Bundaran

Bundaran merupakan pengaturan lalu lintas tanpa lampu lalu lintas yang berbentuk bundaran dan kendaraan yang melewatinya harus memutar dengan arah yang sama mengikuti bundarannya sebelum keluar pada lengan simpang yang di inginkan.

Bundaran adalah kasus yang spesial. Karena median dapat menjadi pengontrol. Pada cara ini gerakan penyilangan hilang dan digantikan dengan gerakan menyalip-nyalip berpindah-pindah jalur (Hobbs, 1995).

Apabila jalan memiliki tingkat pelayanan yang sama, maka aturan di Indonesia menyebutkan bahwa kendaraan harus memberikan prioritas kepada kendaraan lain yang datang tegak lurus dari sebelah kirinya. (Munawar, 2004).

2.1.1. Konsep Bundaran

Bundaran memiliki kelas tingkatan terkait keselamatan dalam berkendara yang baik dari jenis persimpangan yang lain, tingkat kecelakaan lalu lintas bundaran sekitar 0,3 %, karena rendahnya kecepatan kendaraan (maksimal 50 km/jam) dengan kecilnya sudut pertemuan titik konflik, dan pada saat melewati bundaran kendaraan tidak harus berhenti total saat volume lalu lintas rendah. (Dirjen Bina Marga, Khisty 2002 dan Lall, dan Pedoman Bundaran Pd T-20-2004-B).

. Tipe bundaran dapat dilihat dari Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tipe bundaran

Tipe bundaran	Jari-jari bundaran	Jumlah lajur Masuk	Lebar lajur masuk (W1) (m)	Panjang jalan (LW) (m)	Lebar jalinan (WW) (m)
R10-11	10	1	3,5	23	7
R10-22	10	2	7,0	27	9
R14-22	14	2	7,0	31	9
R20-22	20	2	7,0	43	9

Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997

Misal salah satu tipe bundaran adalah R10-11, artinya bahwa radius bundaran tersebut adalah 10 (sepuluh) m, satu lajur pada pendekatan minor dan satu lajur pada pendekatan mayor

(utama). Semua bundaran dianggap mempunyai kereb dan trotoar yang cukup, dan trotoar yang cukup serta ditempatkan di daerah perkotaan dengan hambatan samping sedang. Semua gerakan membelok dianggap diperbolehkan.

Bundaran lalu lintas kecil merupakan bundaran dengan ukuran diameter bundaran yang lebih kecil atau sama dengan 4 meter. Bundaran lalu lintas sedang merupakan bundaran lalu lintas dengan ukuran pulau bundaran antara 4-25 meter. Selain bentuk bundaran lalu lintas kecil dan sedang ada juga bentuk bundaran konvensional yang merupakan bundaran yang berdiameter diatas 25 meter. Bundaran ini biasanya oleh pemerintah dikombinasikan dengan monumen, patung, maupun air mancur untuk memperindah kota. Sedangkan untuk kendaraan tidak bermotor (*unmotorcycle*), menurut Dirjen Bina Marga, 1997 diperhitungkan sebagai hambatan samping.

2.1.3. Ukuran Kinerja Bundaran

Ukuran kinerja suatu bundaran dapat dikatakan baik bila memiliki kapasitas bundaran yang tinggi dibanding volume lalu lintas yang dilayaninya. Perbandingan ini disebut dengan derajat kejenuhan bundaran. Secara umum semakin rendah nilai derajat kejenuhan bundaran maka semakin baik kinerja bundaran. Disamping itu juga terdapat tundaan bundaran dan peluang antrian bundaran untuk menjadi ukuran kinerja bundaran, tetapi hal tersebut besarnya sangat tergantung dari nilai derajat kejenuhan bundaran.

Ukuran kinerja bundaran secara umum dalam analisis operasional pada bundaran yang dapat diperkirakan berdasarkan MKJI 1997 adalah kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian pada bagian jalinan bundaran.

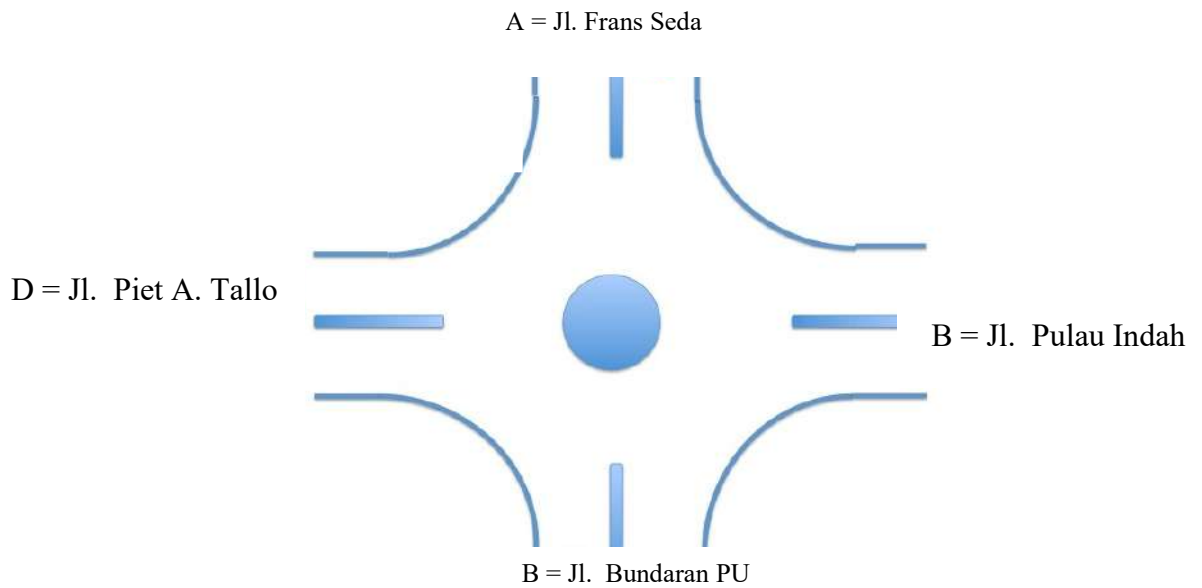
2.2. Data Masukan

2.2.1. Kondisi Geometri

Data geometri yang dibutuhkan untuk menganalisis bundaran sesuai ketentuan MKJI tahun 1997 adalah sebagai berikut :

1. Gambar tampak atas bundaran yang meliputi nama kota, nama propinsi, nama jalan, dan panah penunjukan arah utara.
2. Lebar pendekat, lebar jalinan, panjang jalinan dan lebar bahu.

Detail bagian jalinan bundaran dapat dilihat pada Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Skema Jalanan Bundaran

2.2.2. Kondisi Lalu Lintas

Data masukan tentang kondisi lalu lintas terbagi dari tiga bagian, yaitu:

1. Sketsa arus lalu lintas menggambarkan gerakan dan dan arus lalu lintas yang berbeda. Arus sebaiknya diberikan dalam kend/jam atau smp/jam. Jika arus diberikan dalam LHRT maka harus menggunakan faktor k.
2. Komposisi lalu lintas kendaraan dalam keadaan ringan (LV), kendaraan berat (HV) dan sepeda motor (MC) (%).
3. Arus kendaraan tak bermotor dicatat guna menentukan rasio kendaraan tak bermotor.
4. Titik konflik adalah lokasi titik-titik dimana dua pergerakan jika dilakukan secara bersamaan akan menyebabkan benturan. Titik konflik dapat di lihat pada gambar 2.1 pada 4 (empat) ruas jalan terdapat 12 titik konflik.

Data arus lalu lintas yang dibutuhkan untuk perhitungan adalah data arus lalu lintas untuk masing-masing pergerakan. Data pergerakan lalu lintas yang dibutuhkan adalah volume dan arah gerakan lalu lintas pada saat jam sibuk. Klasifikasi kendaraan diperlukan untuk mengkonversikan kendaraan kedalam bentuk satuan mobil penumpang (smp) per

jam. Untuk mendapatkan nilai smp diperlukan faktor konversi emp. Nilai emp kendaraan seperti dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai emp kendaraan

Tipe kendaraan	emp
Sepeda motor (MC)	0,5
Kendaraan ringan (LV)	1,0
Kendaraan berat (HV)	1,3

Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997

Data arus lalu lintas yang diperlukan untuk perhitungan rasio jalinan dan rasio kendaraan tak bermotor yang memasuki bagian jalinan bundaran adalah jumlah lengan simpang dan arah gerakannya. Untuk bundaran dengan empat lengan maupun lebih dapat dihitung dengan rumus yang tersaji dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perhitungan arus masuk bagian jalinan bundaran untuk empat lengan termasuk putaran U

Bagian jalinan	Arus masuk bundaran (Qmasuk)	Arus masuk bagian jalinan (Qtot)	Arus menjalin (QW)	Rasio menjalin (PW)
AB	$A=ALT+AST+ART+AUT$	$A+D-DLT+CRT+CUT+BU$ T	$A-ALT+DST+CRT+BU$ T	$QWAB/QA$ B
BC	$B=BLT+BST+BRT+BUT$	$B+A-ALT+DRT+DUT+CU$ T	$B-BLT+AST+DRT+CU$ T	$QWBC/QB$ C
CD	$C=CLT+CST+CRT+CUT$	$C+B-BLT+ART+AUT+DU$ T	$C-CLT+BST+ART+DU$ T	$QWCD/QC$ D
DA	$D=DLT+DST+DRT+DUT$	$D+C-CLT+BRT+BUT+AU$ T	$D-DLT+CST+BRT+AU$ T	$QWDA/Q$ DA

Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997

2.2.3. Rasio Jalinan Bundaran

Rasio menjalin pada masing-masing bagian jalinan merupakan rasio antara arus menjalin total dengan arus total. Perhitungan Rasio kendaraan bermotor dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1.

$$P_W = Q_W / Q_{TOT} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

Q_W : Arus menjalin total (smp/jam)

Q_{TOT} : Arus total (smp/jam)

P_W : Rasio jalinan

Sedangkan Rasio kendaraan tak bermotor untuk bagian jalinan bundaran dihitung berdasarkan pembagian dari arus total kendaraan tak bermotor dengan arus total kendaraan bermotor dalam kend/jam yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.2.

$$P_{UM} = Q_{UM} / Q_{VEH} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

Q_{UM} : Arus tak-bermotor total

Q_{VEH} : Arus total kendaraan bermotor (kend/jam)

P_{UM} : Rasio kendaraan tak-bermotor

2.2.4. Kondisi Lingkungan

Data kondisi lingkungan yang diperlukan dalam perhitungan adalah sebagai berikut.

1. Ukuran kota

Kelas ukuran kota ditentukan berdasarkan jumlah penduduk diseluruh daerah perkotaan dan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kelas ukuran kota

Ukuran kota (CS)	Jumlah penduduk (juta)
Sangat kecil	<0,1
Kecil	0,1-0,5
Sedang	0,5-1,0
Besar	1,0-3,0
Sangat besar	>3,0

Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997

2. Tipe lingkungan jalan

Lingkungan jalan diklasifikasikan dalam kelas menurut guna lahan dan aksesibilitas jalan tersebut dari aktivitas sekitarnya. Hal ini ditetapkan secara kualitatif dari pertimbangan teknik lalu lintas yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Tipe lingkungan jalan

Komersial	Tata guna lahan komersial (misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Permukiman	Tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.

Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997

3. Kelas hambatan samping

Hambatan samping menunjukkan pengaruh aktivitas samping jalan didaerah simpang pada arus berangkat lalu lintas, misalnya pejalan kaki berjalan atau menyeberangi jalur, angkutan kota dan bis berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, kendaraan masuk dan keluar halaman dan tempat parkir di luar jalur. Hambatan samping ditentukan secara kualitatif dengan pertimbangan teknik lalu lintas sebagai tinggi, sedang atau rendah. Hambatan samping yang terlalu tinggi dapat menimbulkan kemacetan. Adapun tipe kejadian hambatan samping adalah:

- a) Jumlah pejalan kaki berjalan atau menyeberang sepanjang segmen jalan.
- b) Jumlah kendaraan berhenti atau parkir.
- c) Jumlah kendaraan bermotor yang masuk dan keluar dari lahan samping jalan dan jalan samping.

d) Arus kendaraan lambat, yaitu arus total (kend/jam) sepeda, becak, delman, pedati, traktor dan sebagainya.

Untuk mendapatkan nilai frekuensi berbobot kejadian dalam menentukan hambatan samping maka tiap kejadian hambatan samping dikalikan dengan faktor bobotnya. Setelah diketahui frekuensi berbobot kejadian hambatan samping, maka digunakan untuk mencari kelas hambatan samping, seperti pada tabel 2.6 dan tabel 2.7 di bawah ini:

Tabel 2.6 Faktor bobot untuk kelas hambatan samping

Tipe kejadian hambatan samping	Simbol	Faktor bobot
Pejalan Kaki	PED	0,5
Kendaraan parkir/berhenti	PSV	1,0
Kendaraan masuk/keluar	EEV	0,7
Kendaraan melambat	SMV	0,4

Sumber : MKJI,1997

Tabel 2.7 Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Jumlah Bobot Kejadian/jam	Kondisi Khusus
Sangat Rendah	< 100	Dareha Permukiman
Rendah	100 - 299	Daerah Permukiman dengan beberpa kendaraan umum
Sedang	300 - 499	Daerah industri dengan beberapa toko di sisi jalan
Tinggi	500 - 900	Daerah komersial; aktifitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	> 900	Daerah komersial; aktifitas pasar di samping jalan

Sumber : MKJI,1997

2.3. Kapasitas

Syarat dasar bagi sistem transportasi adalah kemampuannya untuk memenuhi volume kebutuhan. Sebuah sistem kapasitas lalu lintas diukur dengan jumlah dari muatan atau jumlah penumpang yang dapat dipindahkan per jam atau per hari diantara dua titik oleh kombinasi yang diberikan dari bangunan tertentu dan peralatan. Kapasitas lalu lintas adalah sebuah fungsi dari kapasitas kendaraan, kecepatan, dan jumlah kendaraan yang dapat berada pada jalan raya pada suatu waktu (Hay, 1997).

Tujuan utama dari analisis kapasitas suatu jalan adalah untuk memperkirakan jumlah lalu lintas maksimum yang mampu dilayani oleh ruas jalan tersebut. Hal ini seperti yang telah diketahui bahwa suatu jalan terbatas daya tampungnya. Apabila suatu arus lalu lintas yang dioperasikan mendekati atau menyamai kapasitas yang ada, maka hal ini akan menimbulkan rasa sangat tidak nyaman bagi para pengguna jalan. Analisis kapasitas sendiri merupakan suatu rangkaian prosedur yang dipakai untuk memperkirakan kemampuan daya tampung suatu ruas jalan terhadap arus lalu lintas dalam suatu batasan kondisi operasional tertentu. Analisis ini dapat di terapkan pada fasilitas jalan yang sudah ada untuk tujuan pengembangan.

Kapasitas sebagai jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati bagian yang diberikan dari sebuah jalur atau jalan raya pada satu atau kedua arah selama periode waktu yang diberikan di bawah kondisi jalan dan lalu lintas yang berlaku (Salter, 1980).

2.3.1. Kapasitas Dasar (Co)

Kapasitas dasar adalah kapasitas pada geometri dan persentase jalinan tertentu tanpa induksi faktor penyesuaian yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.2 dan Persamaan 2.3.

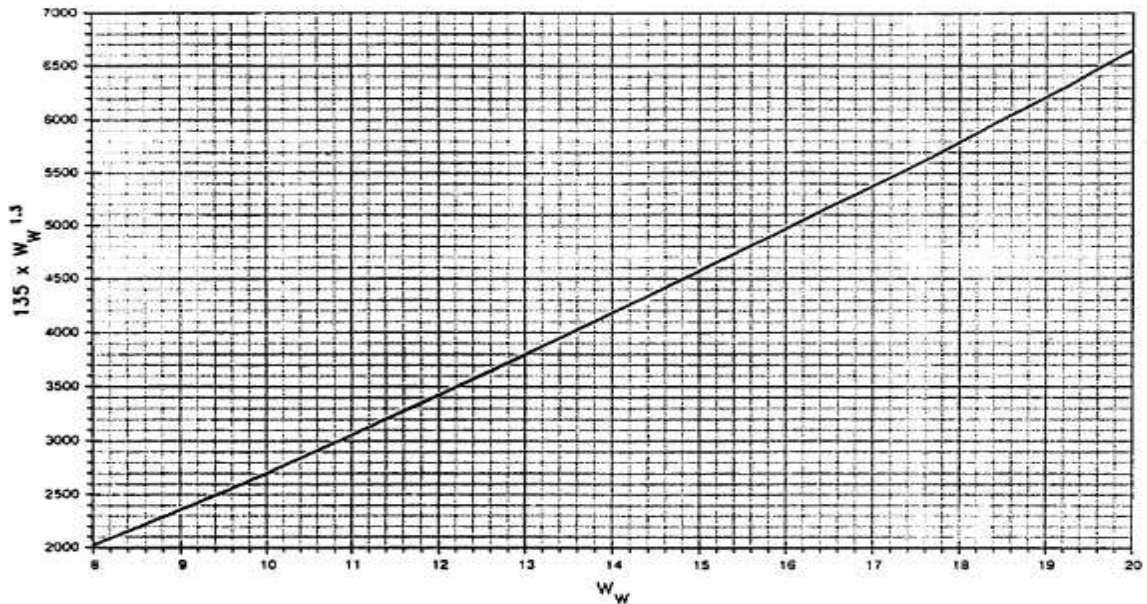
$$CO = 135 \times WW^{1.3} \times (1 + WE / WW)^{1.5} \times (1 - PW / 3)^{0.5} \times (1 + WW / LW)^{-1.8} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$WE = \frac{1}{2} \times (W1 + W2) \dots\dots\dots (2.3)$$

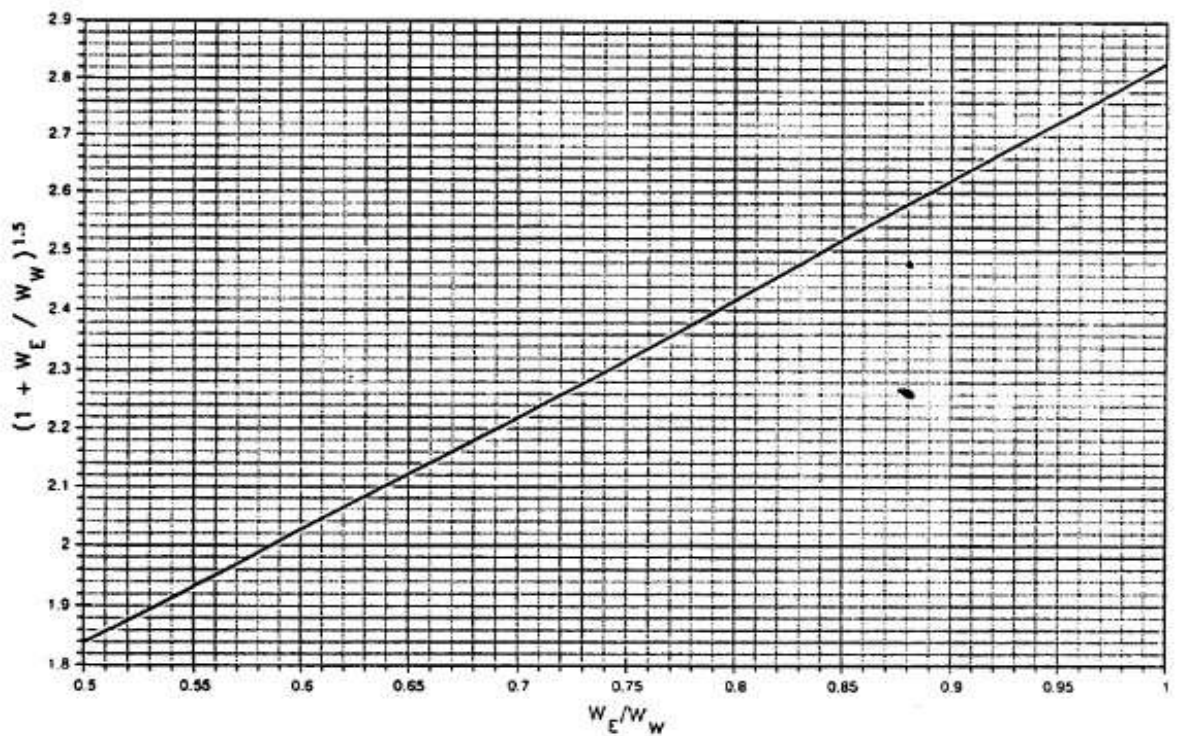
Keterangan:

- WE : Lebar masuk rata-rata (m)
- WW : Lebar jalinan (m)
- LW : Panjang jalinan (m)
- Pw : Rasio jalinan

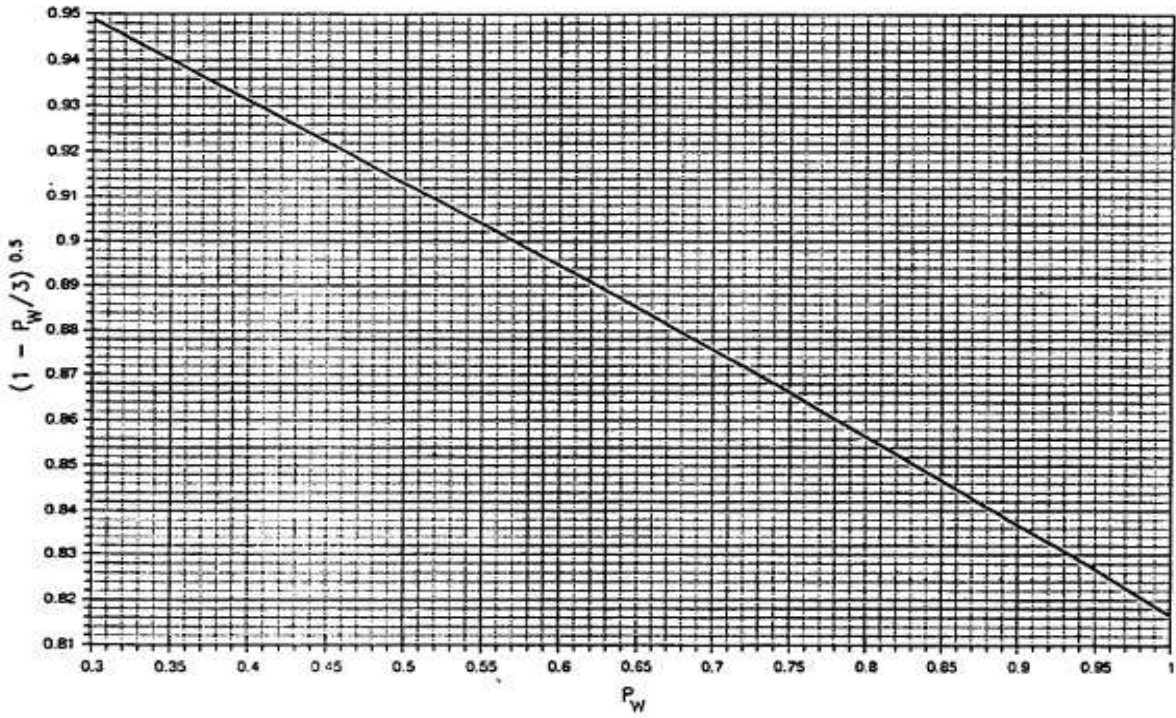
Faktor $W_w = 135 W_w^{1,3}$ dapat ditentukan dengan bantuan Gambar 2.3, faktor $W_E / W_w = (1 + W_E / W_w)^{1,5}$ dapat ditentukan dengan bantuan Gambar 2.4, faktor $P_w = (1 - P_w / 3)^{0,5}$ dapat ditentukan dengan bantuan Gambar 2.5, dan faktor $W_w / L_w = (1 + W_w / L_w)^{1,8}$ dapat ditentukan dengan bantuan Gambar 2.6.



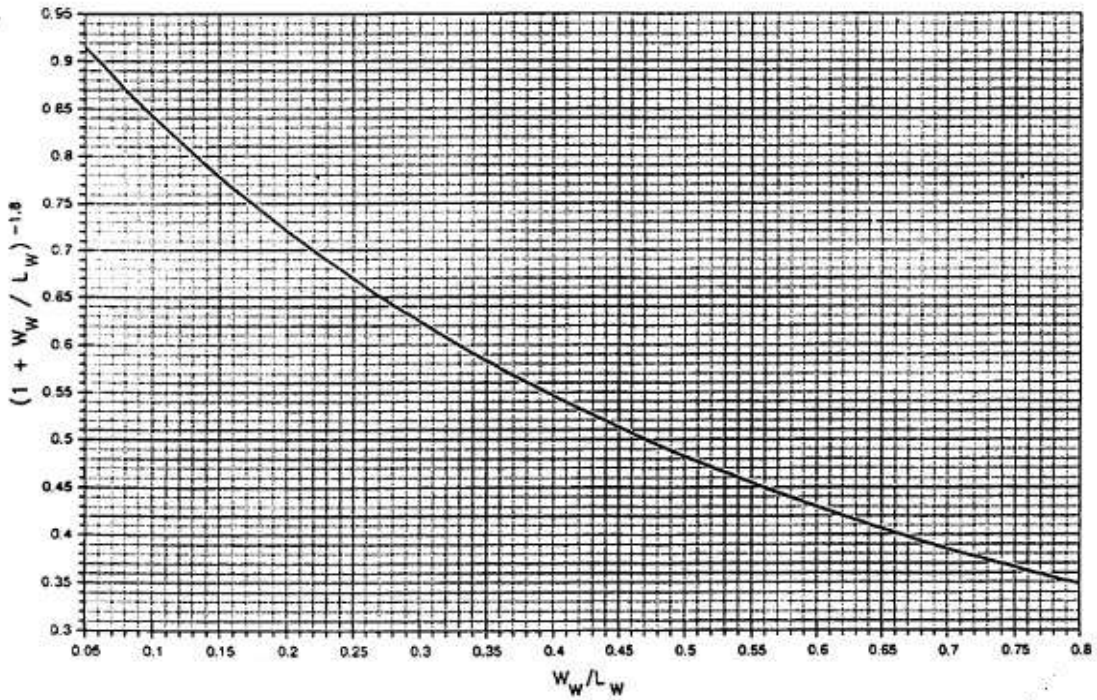
Gambar 2.3 Grafik faktor $W_w = 135 W_w^{1,3}$
 Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997



Gambar 2.4 Grafik faktor $W_E / W_w = (1 + W_E / W_w)^{1,5}$
 Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997



Gambar 2.5 Grafik faktor $P_w = (1 - P_w / 3)^{0,5}$
 Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997



Gambar 2.6 Grafik faktor $W_w / L_w = (1 + W_w / L_w)^{-1,8}$
 Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997

2.3.2. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dari Tabel 2.6 berdasarkan jumlah penduduk kota (juta jiwa).

Tabel 2.8 Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)

Ukuran Kota (CS)	Penduduk (Juta)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FCS)
Sangat kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1 - 0,5	0,88
Sedang	0,5 - 1,0	0,94
Besar	1,0 - 3,0	1,00
Sangat besar	> 3,0	1,05

Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997

2.3.3. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor (FRSU)

Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor (FRSU) ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.7.

Tabel 2.9 Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor (FRSU)

Kelas Tipe Lingkungan Jalan (RE)	Kelas Tipe Hambatan Samping (SF)	Rasio Kendaraan tak bermotor (P_{UM})					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,25	>0,25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Pemukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses terbatas	Tinggi/Sedang/Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997

bawah 0,85 dan perencanaan harus di bawah 0,85. Derajat kejenuhan dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.5, Persamaan 2.6, dan Persamaan 2.7 sebagai berikut.

$$DS = Q_{smp} / C \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Q_{smp} = Q_{kendaraan} \times F_{smp} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$F_{smp} = [LV\% + (HV\% \times emp_{HV}) + (MC\% \times emp_{MC})] / 100 \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

- Q_{smp} : Arus total (smp/jam)
- F_{smp} : Faktor satuan mobil penumpang
- C : Kapasitas (smp/jam)

3.4.2. Tundaan

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga (1997), tundaan didefinisikan sebagai waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu simpang yang dibandingkan terhadap tanpa simpang yang dinyatakan dalam det/smp. Tundaan akan meningkat secara berarti dengan bertambahnya arus total, yaitu arus lalu-lintas pada jalan utama dan jalan simpang.

Menurut Hobbs (1995), tundaan rata-rata memiliki pengertian bahwa waktu tempuh yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang. Ada 2 macam tundaan yang terdiri dari beberapa hal seperti dibawah ini.

1. Tundaan lalu lintas memiliki pengertian bahwa waktu menunggu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan.
2. Tundaan Geometri memiliki pengertian bahwa disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang berbelok dipersimpangan atau yang terhenti oleh lampu merah.

Tundaan lalu lintas bagian jalinan adalah tundaan rata-rata lalu lintas per kendaraan yang masuk bagian jalinan. Tundaan lalu lintas ditentukan dari hubungan empiris antara tundaan lalu lintas dan derajat kejenuhan. Tundaan lalu lintas bagian jalinan dihitung menggunakan Persamaan 2.8 dan Persamaan 2.9 berikut ini.

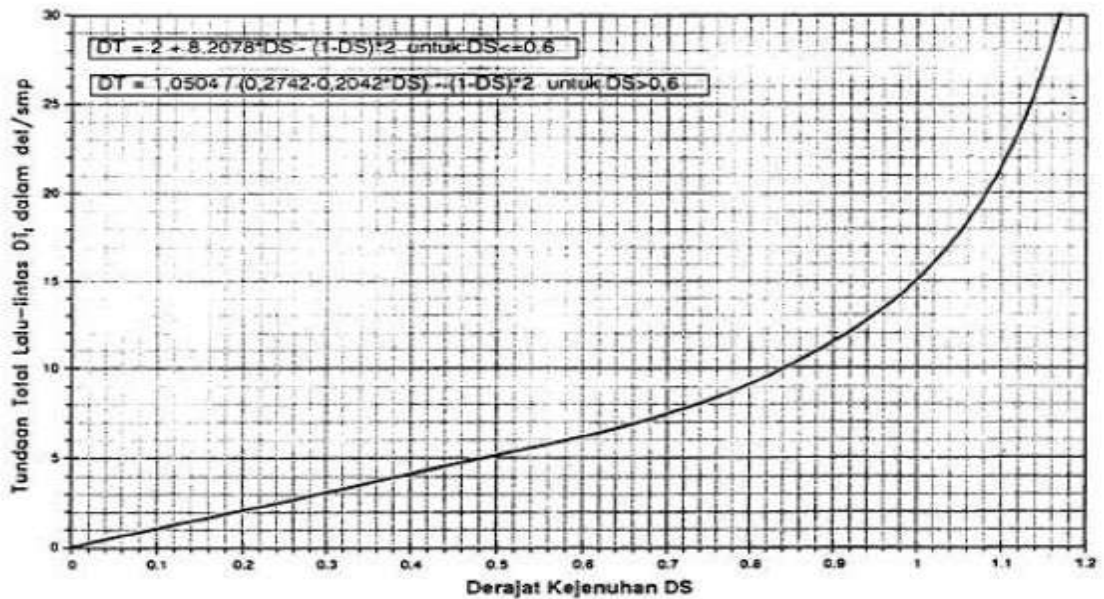
$$DT = 2 + 2,668982 \times DS - (1 - DS) \times 2 \text{ untuk } DS < 0,6 \dots \dots \dots (2.8)$$

$$DT = 1 / (0,59186 - 0,52525) - (1 - DS) \times 2 \text{ untuk } DS > 0,6 \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

DS : Nilai derajat kejenuhan

Hubungan empiris antara tundaan lalu lintas dan derajat kejenuhan dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Tundaan lalu lintas vs Derajat kejenuhan

Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997

Tundaan lalu lintas bundaran adalah tundaan rata-rata per kendaraan yang masuk kedalam bundaran. Perhitungan tundaan lalu lintas bundaran menggunakan Persamaan 2.10 sebagai berikut.

$$DTR = \sum (Q_i \times DT) / Q_{masuk} ; i = 1 \dots n \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan:

I : Bagian jalinan i dalam bundaran

n : Jumlah bagian jalinan dalam bundaran

Q_i : Arus total pada bagian jalinan i (smp/jam)

DT_i : Tundaan lalu lintas rata-rata pada bagian jalinan i (det/smp)

Q_{masuk} : Jumlah arus yang masuk bundaran (smp/jam)

Tundaan bundaran (DT_R) adalah tundaan lalu lintas rata-rata per kendaraan masuk bundaran. Perhitungan tundaan bundaran adalah dengan menambahkan tundaan geometrik rata-rata (4 det/smp) dan menggunakan Persamaan 2.11 sebagai berikut.

$$D_R = DT_R + 4 \text{ (det/smp)} \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

DT_R : Tundaan lalu lintas bundaran

3.4.3. Peluang Antrian

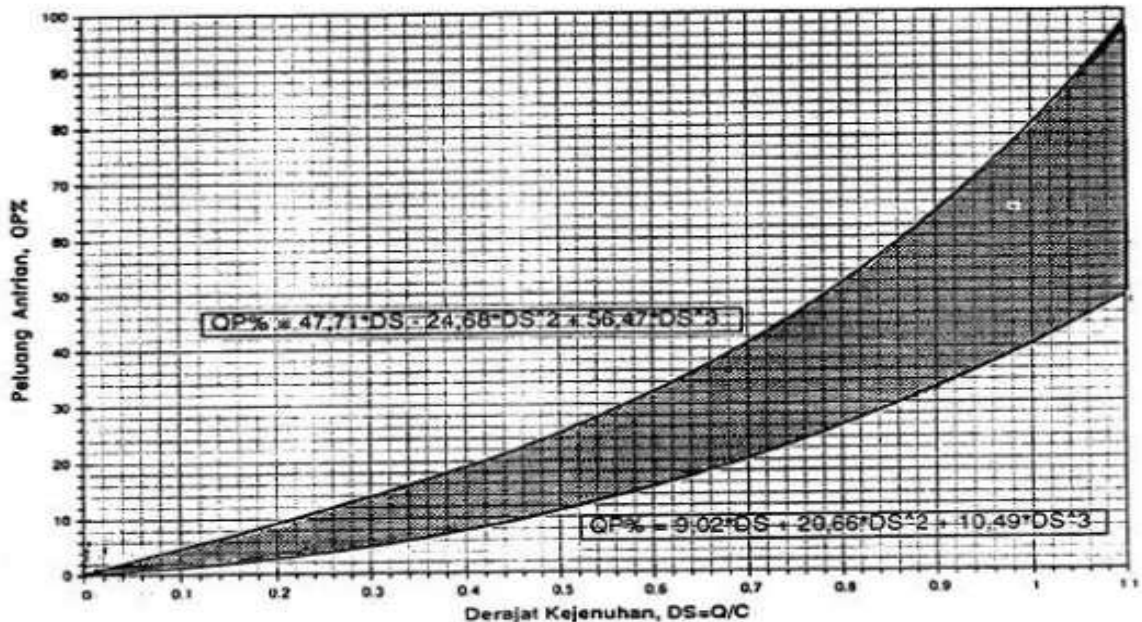
Peluang antrian $QP\%$ pada bagian jalinan ditentukan berdasarkan kurva hubungan antara peluang antrian dengan derajat kejenuhan (Gambar 2.8). Sehingga peluang antrian bundaran dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.12.

$$Q_{P_R}\% = \text{maks. dari } (Q_{P_i}\%) \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan:

$Q_{P_R}\%$: Peluang antri bagian jalinan i

i : Bagian jalinan i dalam bundaran, $i = 1, 2, \dots, n$



Gambar 2.8 Grafik peluang antrian pada bagian jalinan bundaran
 Sumber: Dirjen Bina Marga, 1997

3.4.4. Perhitungan Proyeksi Lalu Lintas Harian Rata-rata

Untuk memproyeksikan lalu lintas harian rata-rata pada tahun yang ditinjau digunakan Persamaan 2.13 sebagai berikut.

$$LHR_n = LHR_o (1 + i)^n \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan:

LHR_n : Lalu lintas harian rata-rata tahun yang ditinjau

LHR_o : Lalu lintas harian rata-rata pada saat sekarang

i : Angka pertumbuhan lalu lintas (%)

n : Jangka waktu tinjauan (tahun)

No.	Uraian	Jumlah Penduduk (Orang)				
		2017	2018	2019	2020	2021
1	Jumlah Penduduk	412.708	423.800	434.972	442.758	434.972

Gambar 2.9 Gambar Pertumbuhan Penduduk Kota Kupang

Sumber: BPS Kupang 2023

3.4.5. Tingkat Pelayanan Pada Persimpangan

Tingkat pelayanan (*Level of Service*) merupakan tingkat kualitas arus lalu lintas yang sesungguhnya terjadi. Tingkat ini dinilai oleh pengemudi atau penumpang berdasarkan tingkat kemudahan dan kenyamanan pengemudi didasarkan kebebasan memilih kecepatan dan kebebasan bergerak (*manuver*).

Enam tingkat pelayanan dibatasi untuk setiap tipe dari fasilitas lalu lintas yang akan digunakan dalam prosedur analisis yang disimbolkan dengan huruf A sampai dengan F, dimana tingkat pelayanan A menunjukkan yang terbaik dan tingkat pelayanan F menunjukkan tingkat pelayanan terburuk. Tingkat pelayanan pada persimpangan berhubungan dengan kondisi tundaan.