

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Titik Konflik Pada Simpang

Oglesby dan Hicks (1998) menyatakan, setiap persimpangan terdapat pergerakan lalu-lintas yang menerus dan saling memotong pada satu atau lebih dari setiap lengan persimpangan dan juga mencakup pergerakan perputaran, dari sifat kendaraan gerakan di daerah simpang, terdapat beberapa macam jenis pertemuan simpang yaitu.

1. *Diverging* (memisah)

Diverging adalah peristiwa memisahkannya kendaraan dari suatu arus yang sama ke jalur lain.

2. *Merging* (Menggabung)

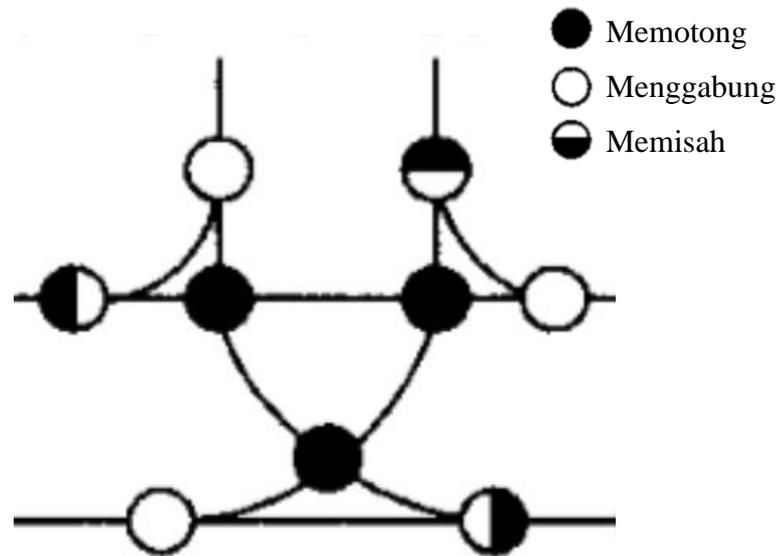
Merging adalah peristiwa bergabungnya arus kendaraan dari jalur ke jalur lain.

3. *Crossing* (Memotong)

Crossing adalah peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur yang lain pada persimpangan, di mana kondisi tersebut dapat menyebabkan munculnya titik konflik pada persimpangan tersebut.

Keberadaan simpang pada jaringan jalan bertujuan agar kendaraan bermotor, pejalan kaki dan kendaraan tidak bermotor dapat bergerak ke dalam arah yang berbeda pada waktu bersamaan. Dengan demikian, pada persimpangan dapat terjadi suatu karakteristik yang unik dari persimpangan, yaitu munculnya konflik yang berulang karena pergerakan tersebut.

Adapun titik konflik yang terjadi di persimpangan 3 lengan dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.1 Konflik Kendaraan yang Terjadi pada Simpang 3 Tak Bersinyal.

(Sumber: Khisty dan Lall, 2005)

3.2 Tingkat Pelayanan Simpang

Dalam menentukan tingkat pelayanan simpang, harus diketahui nilai dari parameter yang memberikan kontribusi pada pelayanan simpang. Direktorat Jendral Bina Marga (1997) menyatakan, tingkat pelayanan di persimpangan jalan tanpa isyarat lampu lalu-lintas dapat diketahui dengan melakukan prosedur penentuan sebagai berikut.

1. Kapasitas,
2. Derajat kejenuhan,
3. Tundaan dan
4. Panjang antrian

Tingkat pelayanan yang dijelaskan di atas, akan menjadi dasar penilaian parameter kinerja simpang tak bersinyal maupun bundaran, seperti yang dijelaskan berikut.

3.2.1 Kapasitas

Kapasitas dari infrastruktur transportasi menjelaskan tentang jumlah maksimum dari kendaraan, orang atau barang yang dapat melewati ruas yang

diberikan pada perjalanan dalam suatu periode waktu tertentu dengan fasilitas umum, keadaan lalu-lintas dan kondisi yang dikontrol. Kondisi umum dari arus lalu-lintas dipengaruhi oleh beberapa hal yang telah diatur oleh penyedia prasarana lalu-lintas dan pengukuran berdasarkan undang-undang, yaitu.

1. Parameter geometrik yang berupa kemiringan, kecuraman, tinggi tingkatan, jarak pandang,
2. Jenis dan kelas jalan,
3. Komposisi lalu-lintas berdasarkan ukuran dari kendaraan di jalan dan
4. Faktor lain berupa cuaca, tindakan pengurangan kecelakaan.

Seperti yang sudah dijelaskan di atas, kapasitas jalan dapat dilihat sebagai kemungkinan terbesar dari volume lalu-lintas yang dapat dilayani oleh jalan.

Kapasitas adalah hubungan antara volume lalu-lintas dan kepadatan lalu-lintas.

Direktorat Jendral Bina Marga (1997) menyatakan, arus lalu-lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya: rencana geometrik, lingkungan, komposisi lalu-lintas dan sebagainya. Catatan: Biasanya dinyatakan dalam kend/jam atau smp/jam).

3.2.2 Derajat kejenuhan (DS)

Direktorat Jendral Bina Marga (1997) menyatakan, derajat kejenuhan adalah rasio antara lalu-lintas terhadap kapasitas yang biasanya dihitung per jam. Derajat kejenuhan menggambarkan kondisi lalu-lintas pada suatu waktu tertentu ditunjukkan dengan nilai rasio antara 0 sampai dengan 1. Derajat kejenuhan yang menunjukkan nilai 1 menggambarkan kondisi lalu-lintas yang sudah sangat padat akibat dari jumlah kendaraan yang berlebihan melewati suatu jalan dengan kapasitas jalan yang terbatas. Sedangkan derajat kejenuhan yang bernilai 0 menunjukkan bahwa jalan tidak dilalui kendaraan sama sekali atau tidak ada lalu-lintas kendaraan.

3.2.3 Tundaan

Morlok (1978) menyatakan, pada sebagian besar sistem transportasi, kendaraan dapat dibatasi oleh kendaraan lain, sehingga pergerakan lalu-lintas

yang optimum mungkin tidak akan terwujud. Apabila jumlah suatu kendaraan cukup banyak, kemacetan yang terjadi dapat menyebabkan keterlambatan pada kendaraan dan dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan.

Direktorat Jendral Bina Marga (1997) menyebutkan waktu tundaan adalah waktu total (jam, menit atau detik) yang diperlukan untuk melalui suatu panjang jalan tertentu, termasuk seluruh waktu tundaan-henti.

3.2.4 Panjang Antrian

Panjang antrian adalah jarak panjang dari kendaraan yang mengantri belakang garis henti pada simpang yang dimulai dari akhir lampu hijau atau awal lampu merah hingga lampu hijau kembali yang mana disebut dengan fase lampu merah. Pada simpang bersinyal, antrian diakibatkan karena kendaraan berhenti menunggu waktu siklus pada simpang tersebut, semakin lama waktu siklus yang terjadi pada simpang tersebut maka antrian dari kendaraan akan semakin panjang, sehingga menyebabkan antrian mencapai simpang yang berada di dekatnya. Sedangkan pada simpang tak bersinyal, antrian kendaraan diakibatkan oleh tundaan pada kendaraan yang ingin memasuki simpang yang terganggu oleh arus lalu-lintas di dalam simpang.

3.3 Komposisi Lalu-lintas

Direktorat Jendral Bina Marga (1997) menyatakan, arus lalu-lintas di perkotaan dibagi menjadi 4 jenis yaitu.

1. Kendaraan Ringan (*Light Vehicles* = LV)

Meliputi kendaraan bermotor ber as dua dengan 4 roda dan dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, *mikrobis*, *pick-up* dan truk kecil sesuai sistim klasifikasi Bina Marga).

2. Kendaraan Berat (*Heavy Vehicles* = HV)

Meliputi kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda (meliputi bis, truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi sesuai sistim klasifikasi Bina Marga).

3. Sepeda Motor (*Motor Cycle* = MC)

Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda 3) sesuai sistim klasifikasi Bina Marga.

4. Kendaraan Tak Bermotor (*Unmotorized* = UM)

Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi : sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistim klasifikasi Bina Marga). Catatan: Dalam manual ini kendaraan tak bermotor tidak dianggap sebagai bagian dari arus lalu-lintas tetapi sebagai unsur hambatan samping.

3.4 Kinerja Simpang Tak Bersinyal

Direktorat Jendral Bina Marga (1997) menyatakan, ukuran kinerja lalu-lintas dapat menunjukkan kondisi operasional kendaraan dari fasilitas lalu-lintas yang pada umumnya dapat dinyatakan dalam kapasitas, derajat kejenuhan, waktu tempuh, tundaan, peluang antrian dan rasio kendaraan berhenti.

Ukuran-ukuran kinerja simpang tak bersinyal dapat diperkirakan untuk kondisi tertentu sesuai dengan kondisi geometrik, lingkungan dan lalu-lintas. Ukuran-ukuran tersebut secara umum meliputi :

3.4.1 Kapasitas Simpang Tak Bersinyal

Kapasitas adalah arus lalu-lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu yang dinyatakan dalam kendaraan/jam atau smp/jam

Kapasitas total suatu persimpangan dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_0) dan faktor-faktor penyesuaian (F). Rumusan kapasitas simpang menurut Direktorat Jendral Bina Marga (1997) adalah sebagai berikut.

$$C = C_0 \times F_w \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \quad (3.1)$$

dengan:

C = Kapasitas,

C_0 = Kapasitas dasar,

F_w = Lebar rata-rata pendekat,

F_M = Faktor penyesuaian lebar masuk,

F_{CS} = Kelas ukuran kota,

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri,

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan, dan

F_{MI} = Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor.

3.4.2 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) merupakan rasio arus lalu-lintas (smp/jam) terhadap kapasitas (smp/jam). Perhitungan rasio arus lalu-lintas dalam satuan kendaraan/jam yang sudah dikonversikan dengan faktor ekivalensi mobil penumpang. Persamaan nilai derajat kejenuhan (DS) menurut Direktorat Jendral Bina Marga (1997) dapat ditulis dengan persamaan berikut ini :

$$DS = Q_{smp} / C \quad (3.2)$$

$$Q_{smp} = Q_{kend} \times F_{smp}$$

dengan:

DS = Derajat kejenuhan (DS),

C = Kapasitas,

Q_{smp} = Arus lalu-lintas total (smp/jam), dan

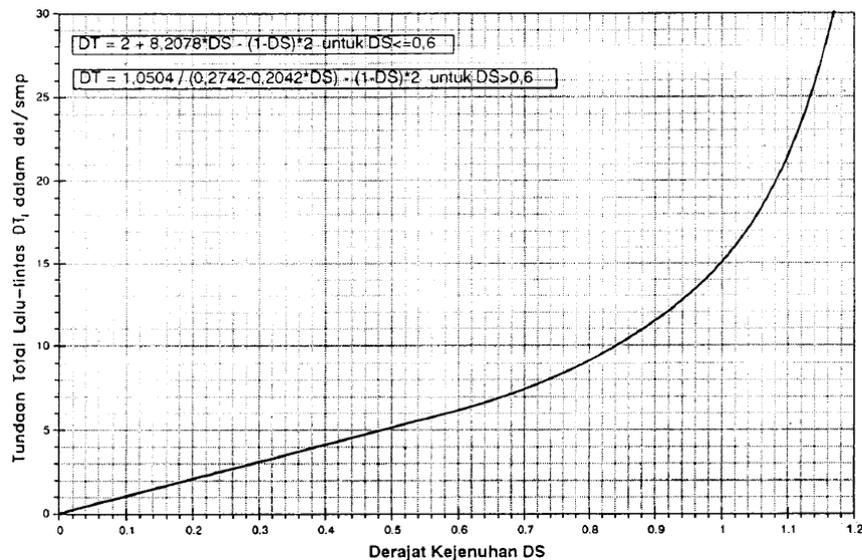
F_{smp} = Faktor ekivalensi mobil penumpang (emp)

3.4.3 Tundaan

Direktorat Jendral Bina Marga (1997) menyatakan, tundaan di persimpangan adalah waktu tempuh tambahan untuk melewati simpang, waktu menunggu akibat interaksi lalu-lintas dengan lalu-lintas berkonflik dan tundaan geometrik (DG) akibat perlambatan dan percepatan lalu-lintas. Hambatan tersebut muncul jika kendaraan berhenti karena terjadinya antrian di simpang sampai kendaraan itu keluar dari simpang karena adanya pengaruh kapasitas simpang yang sudah tidak memadai. Nilai tundaan mempengaruhi nilai waktu tempuh kendaraan. Semakin tinggi nilai tundaan maka akan semakin tinggi waktu tempuh. Nilai tundaan dapat dibagi sebagai berikut.

1. Tundaan lalu-lintas rata-rata untuk seluruh simpang (DT_I)

Tundaan lalu-lintas simpang adalah tundaan lalu-lintas, rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang. Nilai DT_I ditentukan dari kurva empiris antara DT_I dan DS yang dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.

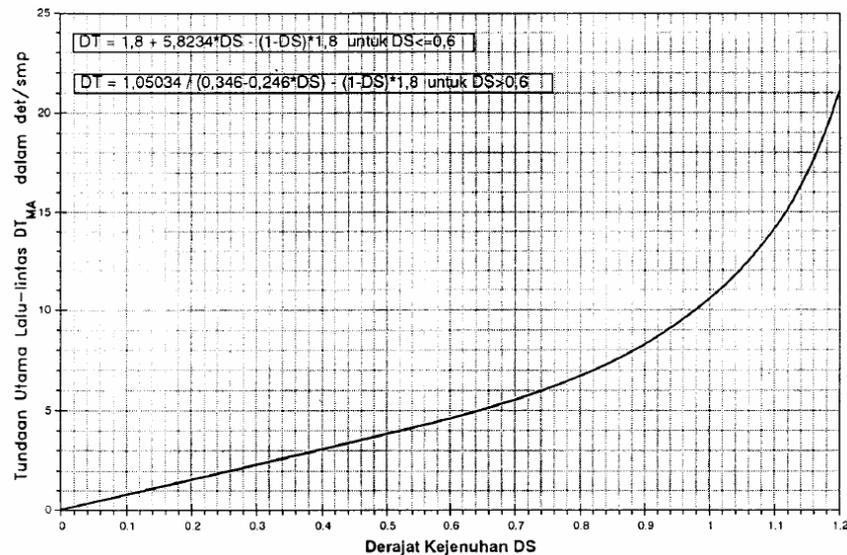


Gambar 3.2 Tundaan Lalu-Lintas simpang VS Derajat Kejenuhan

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2. Tundaan lalu-lintas rata-rata untuk jalan utama (DT_{MA})

Tundaan lalu-lintas jalan utama adalah tundaan lalu-lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama. DT_{MA} ditentukan dari kurva empiris antara DT_{MA} dan DS yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tundaan Lalu-Lintas Jalan Utama VS Derajat Kejuhan

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

3. Tundaan lalu-lintas rata-rata jalan minor (DT_{MI})

Tundaan lalu-lintas jalan minor ditentukan berdasarkan tundaan lalu-lintas rata-rata (DT_I) dan tundaan lalu-lintas rata-rata jalan utama (DT_{MA}) seperti persamaan berikut.

$$DT_{MI} = ((Q_{smp} \times DT_I) - (Q_{MA} \times DT_{MA})) / Q_{MI} \quad (3.3)$$

dengan:

Q_{smp} = Arus total sesungguhnya (smp/jam),

Q_{MA} = Jumlah kendaraan masuk di simpang jalan utama (smp/jam) dan

Q_{MI} = Jumlah kendaraan masuk di simpang jalan minor (smp/jam).

4. Tundaan geometrik simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang. DG dihitung dengan rumus berikut.

Untuk $DS < 1,0$

$$DG = (1-DS) \times (PT \times 6 + (1-PT) \times 3) + DS \times 4 \quad (3.4)$$

Untuk $DS > 1,0$: $DG = 4$

dengan:

DG = Tundaan geometrik simpang (det/smp),

DS = Derajat kejenuhan dan

PT = Rasio belok total.

5. Peluang Antrian

Direktorat Jendral Bina Marga (1997) menyatakan, Batas nilai peluang antrian QP% (%) ditentukan dari hubungan empiris antara peluang antrian QP% dan derajat kejenuhan (DS). Peluang antrian dengan batas atas dan batas bawah dapat ditentukan dari persamaan berikut ini:

$$QP\% = 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3 \text{ (batas atas)} \quad (3.5)$$

$$QP\% = 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3 \text{ (batas bawah)} \quad (3.6)$$

dengan:

QP% = Peluang antrian (%) dan

DS = Derajat kejenuhan

3.5 Penanganan Umum

Salah satu model pengaturan lalu-lintas di persimpangan yang banyak digunakan di beberapa kota Indonesia saat ini adalah bundaran. Pengaturan dengan model ini sudah cukup lama di Indonesia dan dinyatakan secara tegas dalam peraturan Pemerintah RI No. 43 tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu-lintas jalan sebagai salah satu bentuk pengaturan persimpangan dengan bundaran adalah meningkatnya tingkat keselamatan pada volume lalu-lintas yang tinggi, menurunkan titik konflik dan memberikan nilai estetika yang lebih baik dibandingkan pengaturan-pengaturan bentuk lainnya.

Perubahan dari simpang bersinyal atau tak bersinyal menjadi bundaran dapat juga didasari oleh keselamatan lalu-lintas, untuk mengurangi jumlah

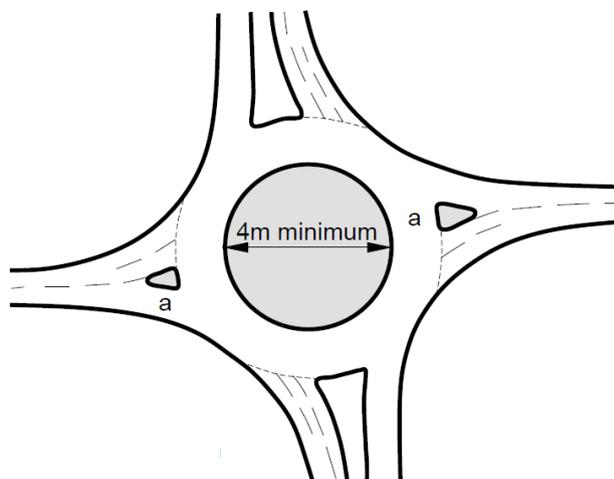
kecelakaan lalu-lintas antara kendaraan yang berpotongan. Bundaran mempunyai keuntungan yaitu mengurangi kecepatan semua kendaraan yang berpotongan dan membuat para pengendara berhati-hati terhadap resiko konflik dengan kendaraan lain. Hal ini mungkin terjadi bila kecepatan kendaraan dari pendekat ke simpang tinggi.

3.6 Tipe-Tipe Bundaran

Dalam pengaturan simpang menggunakan bundaran, desain bentuk bundaran dapat berbagai macam, seperti yang dijelaskan berikut.

1. Bundaran Normal

Bundaran tipe normal memiliki diameter pulau tengah sebesar 4 meter atau lebih. Biasanya bundaran ini memiliki 3 sampai 4 lengan masuk dengan lengan pendekat yang diperlebar agar jalur masuk yang tersedia lebih banyak seperti pada Gambar 3.5 berikut.



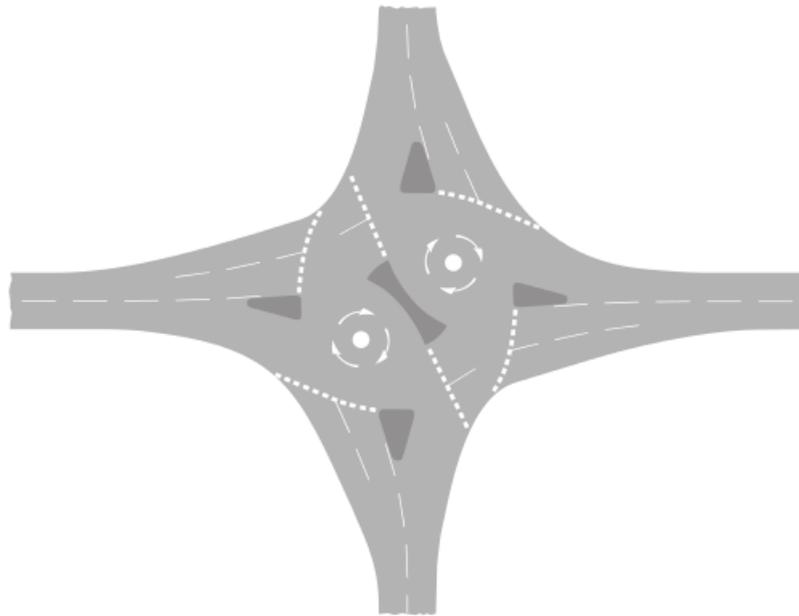
Gambar 3.4 Normal Roundabout

(Sumber : *The Department Of The Environment For Northern Ireland, 2007*)

2. Bundaran Ganda (*Double Junction*)

Bundaran ganda adalah gabungan dari bundaran tipe normal dan bundaran kecil yang satu sama lainnya letaknya berdampingan. Terdapat dua jenis bundaran ganda yang dapat digunakan, yaitu.

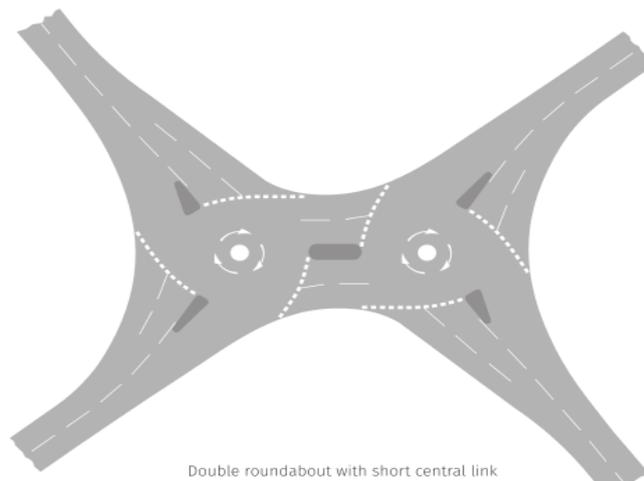
- a. Bundaran ganda berdampingan (*contangius double Roundabout*), seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.5 Contangius Double Roundabout

(Sumber: *Department of Transport (United Kingdom)*, 2009)

- b. Bundaran ganda dengan jalan penyambung terpusat (*Double Roundabout with central link road*) yang ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Double roundabout with short central link

Gambar 3.6 Double Roundabout With Central Link Road

(Sumber: *Department of Transport (United Kingdom)*, 2009)

Dan juga masih terdapat bentuk lain dari bundaran berdasarkan *The Department of the Environment for Northern Ireland, 2007* yang merupakan variasi dari tipe-tipe bundaran di atas seperti berikut.

3. *Ring Of Junction*

Tipe bundaran ini memiliki beberapa bundaran kecil di sekitar area bundaran pusatnya sehingga dari perpindahan kendaraan dari satu lengan ke lengan lainnya aksesnya dapat melewati lebih dari satu lajur bundaran. Dalam kasus bundaran ini pengendara benar-benar harus memperhatikan rambu-rambu yang ada di sekitar bundaran agar tidak salah memasuki jalur yang di tuju.

4. *Grade separated roundabouts*

Bundaran yang memiliki jalur yang tidak sebidang antara satu lengan dengan lengan lainnya. Bundaran dengan tipe ini biasanya memiliki lebih dari 4 lengan jalan sehingga dengan penggunaan berbagai jalan yang tidak sebidang di sekitar bundarannya maka akan terus bergerak dan konflik yang terjadi cenderung sedikit jumlahnya

5. *Signalized Roundabout*

Bundaran yang menggunakan sinyal isyarat untuk membantu isyarat lalu-lintas. Bundaran yang sudah menggunakan sinyal isyarat untuk membantu pergerakan arus lalu-lintas di dalamnya biasanya kapasitas bundaran tersebut sudah tidak bisa menampung arus kendaraan yang melewatinya.

3.7 Prinsip Desain Bundaran

Dalam merencanakan suatu bundaran, terdapat beberapa pedoman dan standarisasi tertentu yang sudah memberikan ketentuan-ketentuan untuk merencanakan bundaran tersebut. Dalam desain perencanaan bundaran, pedoman dan ketentuan desain mengikuti Pedoman Perencanaan Bundaran untuk Persimpangan Sebidang (2004). Berikut ini merupakan beberapa prinsip bundaran untuk simpang sebidang.

3.7.1 Ketentuan Umum Penggunaan Bundaran

Dalam penggunaannya, bundaran harus memiliki ketentuan-ketentuan agar bundaran dapat berfungsi seperti yang direncanakan. Sehingga bundaran yang berada di kawasan perkotaan dapat digunakan dengan ketentuan- ketentuan berikut ini:

1. Persimpangan sebidang antara lain:
 - a. Jalan lokal dengan jalan lokal,
 - b. Jalan lokal dengan jalan kolektor,
 - c. Jalan kolektor dengan jalan kolektor,
 - d. Jalan kolektor dengan jalan arteri dan
 - e. Jalan arteri dengan jalan arteri.
2. Persimpangan-persimpangan yang apabila diatur dengan lampu lalu-lintas diperkirakan akan mengakibatkan waktu tundaan yang lebih besar daripada bundaran.
3. Persimpangan yang memiliki lalu-lintas belok kanan cukup tinggi.
4. Persimpangan jalan lokal atau kolektor, dimana kecelakaan yang melibatkan lalu-lintas menerus dan pergerakan membelok cukup tinggi.
5. Persimpangan jalan arteri, dimana lalu-lintasnya memiliki kecepatan yang cukup tinggi.
6. Pada simpang T atau Y dimana volume lalu-lintas membelok ke kanan pada jalan dengan hirarki fungsi lebih tinggi sangat besar.

3.7.2 Ketentuan Operasional

Ketentuan operasional dalam perencanaan bundaran harus diperhatikan, agar desain bundaran dapat berfungsi dengan baik sesuai perencanaan dan untuk seluruh penggunanya. Aspek-aspek dalam ketentuan operasionalnya antara lain adalah:

1. Kelancaran lalu-lintas,
2. Keselamatan lalu-lintas,
3. Ketersediaan lahan yang cukup,

4. Efisiensi,
5. Kemudahan akses bagi pejalan kaki dan penyandang cacat, dan
6. Sosialisasi peraturan berlalu-lintas di bundaran kepada pengguna jalan.

3.7.3 Parameter Perencanaan

Dalam perencanaan suatu bundaran sangat dibutuhkan parameter-parameter perencanaan, agar seluruh batasan-batasan yang digunakan untuk perencanaannya dapat diketahui. parameter-parameter yang diperlukan dalam desain bundaran antara lain adalah:

1. Volume lalu-lintas rencana yang digunakan dalam perencanaan bundaran adalah volume lalu-lintas seluruh lengan yang diperkirakan akan memasuki bundaran pada akhir umur rencana.
2. Kendaraan rencana yang digunakan adalah kendaraan dengan *radius* putar yang paling besar.
3. Kecepatan rencana yang digunakan dalam perancangan dibatasi maksimum 50 km/h.

3.7.4 Elemen Bundaran

Bundaran mempunyai beberapa komponen tertentu agar fungsi dari bundaran yang direncanakan dapat berfungsi secara penuh, elemen-elemen bundaran tersebut meliputi:

1. Pulau bundaran,
2. Jalur lingkaran,
3. Lindasan truk/apron truk dan
4. Pulau pemisah.

3.7.5 Jumlah Lajur Lingkaran

Jumlah lajur lingkaran bundaran merupakan jumlah lajur yang tersedia di dalam lajur lingkaran. Dalam perencanaannya, jumlah lajur lingkaran pada lingkaran dapat ditentukan dari volume lalu-lintas rencana dan beberapa ketentuan lainnya.

Ketentuan-ketentuan dalam penentuan jumlah lajur lingkaran antara lain sebagai berikut.

1. Jumlah lajur lingkaran maksimum bundaran yang diatur dalam pedoman adalah 2 lajur lingkaran. Jumlah lajur lingkaran ditentukan berdasarkan volume lalu-lintas harian rencana pada persimpangan seperti pada Tabel 3.1 Volume lalu-lintas harian rencana yang lebih besar dari 40.000 kendaraan per hari tidak dapat mengikuti ketentuan pedoman.

Tabel 3.1 Jumlah Lajur Lingkaran

No	Volume Lalu-lintas harian rencana (kendaraan per hari)	Jumlah lajur lingkaran
1	<20000	1
2	20000 – 40000	2

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004)

2. Jumlah lajur pada jalur masuk atau jalur keluar tidak boleh lebih besar dari jumlah lajur pada jalur lingkaran.

3.7.6 Diameter Bundaran

Diameter bundaran diukur dari sisi luar lingkaran yang bersinggungan dengan lengan pendekat. Diameter bundaran ditentukan berdasarkan kendaraan rencana dan kecepatan rencana. Rentang diameter bundaran untuk kendaraan rencana dan kecepatan rencana yang dipilih dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Kecepatan Rencana Maksimum dan Dimensi Bundaran

No	Kendaraan rencana	Kecepatan rencana maksimum lengan pendekat (km/h)	Rentang dimensi diameter bundaran (m)	Jenis bundaran
1	Truk sumbu tunggal/bis	25	25 – 30	Bundaran Sederhana
2	Truk sumbu ganda/semi trailer	35	30 – 45	Bundaran lajur tunggal
3	Semi trailer atau trailer	50	45 – 60	Bundaran lajur ganda

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004)

3.7.7 Lebar Lajur Lingkar

Lebar lajur lingkar merupakan besar lebar pada lajur jalan yang berada di dalam kawasan lingkar bundaran. Besar nilai lebar lajur lingkar pada bundaran dapat dikelompokkan berdasarkan 2 jenis bundaran menurut batasan-batasan lebarnya.

1. Bundaran sederhana dan bundaran lajur tunggal

Bundaran sederhana dan bundaran lajur tunggal merupakan bundaran yang memiliki 1 lajur lingkar pada jalur lingkar, lajur masuk dan lajur keluar.

Lebar jalur lingkar minimum merupakan lebar dari jalur masuk dan kebutuhan manuver membelok dari kendaraan, lebar antara 4,30 m – 4,90 m.

2. Bundaran lajur ganda

Bundaran lajur ganda merupakan bundaran yang memiliki 2 lajur lingkar pada jalur lingkar, lajur masuk dan lajur keluar.

Lebar jalur lingkar pada bundaran dengan lajur ganda yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

3.7.8 Pulau Bundaran

Pulau bundaran dapat ditentukan sebagai berikut.

1. Bentuk geometri yang umum dipakai untuk pulau bundaran adalah lingkaran. Selain lingkaran, seperti bentuk oval, tidak disarankan.
2. Pulau bundaran harus memberikan pandangan yang cukup bagi pengendara untuk dapat mengantisipasi kendaraan dari arah lengan pendekat lain. Penempatan obyek di dalam pulau bundaran harus memperhatikan jarak pandang jalur lingkar dan jarak pandang henti jalur lingkar.
3. Pulau bundaran dapat dilengkapi dengan apron truk, untuk desain bundaran yang mengakomodasi kendaraan rencana truk dan trailer. Lebar apron truk berkisar antara 1- 4 meter.
4. Diameter pulau bundaran dihitung dengan mengurangkan total lebar jalur lingkar terhadap diameter bundaran :
 - a. Untuk bundaran lajur tunggal, diameter pulau bundaran adalah diameter bundaran dikurangi dua kali lebar jalur lingkar yang dipilih.

b. Untuk bundaran lajur ganda dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Lebar Minimum Jalur Lingkar Pada Bundaran Lajur Ganda

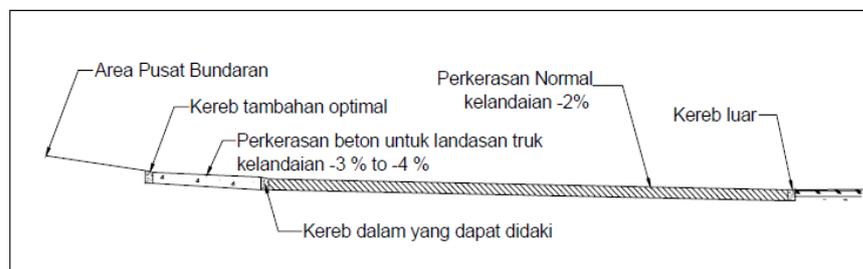
No	Diameter bundaran (m)	Lebar jalur lingkar (m)	Diameter pulau pusat (m)
1	45	9,8	25,4
2	50	9,3	31,4
3	55	9,1	36,8
4	60	9,1	41,8
5	65	8,7	47,6

Keterangan : lebar 1 lajur di jalur lingkar = 4,3 m s.d. 4,9 m

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004)

4. Superelevasi Jalur Lingkar

Superelevasi jalur lingkar bundaran sebesar 2%, superelevasi apron truk sebesar 3 % - 4 %. Gambar superelevasi jalur lingkar ditampilkan pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Potongan Melintang Jalur Lingkar Dan Landasan Truk

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

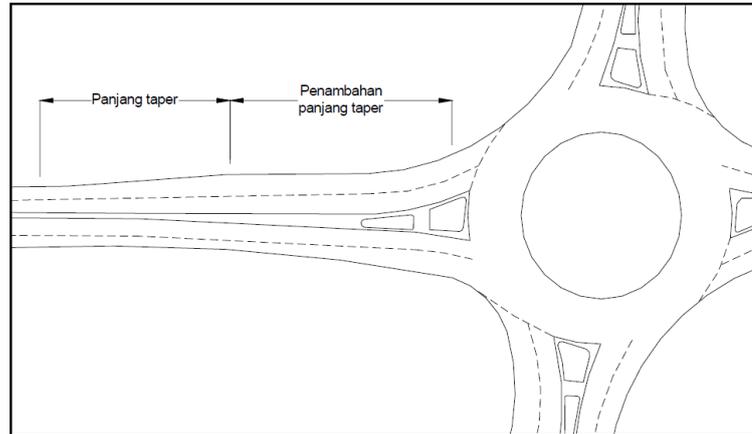
5. Lebar Lajur Masuk dan Keluar

Lebar lajur masuk dan keluar pada bundaran merupakan besar lebar lajur yang dapat digunakan para pengendara untuk menggunakan akses bundaran dari setiap lengan bundaran. Besar lebar lajur masuk untuk bundaran dengan lajur tunggal maupun ganda berkisar 4,30 m – 4,90 m. untuk meningkatkan kapasitas, besar lajur masuk dapat dimodifikasi dengan cara:

a. Memberikan lajur tambahan atau lajur paralel pada lengan pendekat;

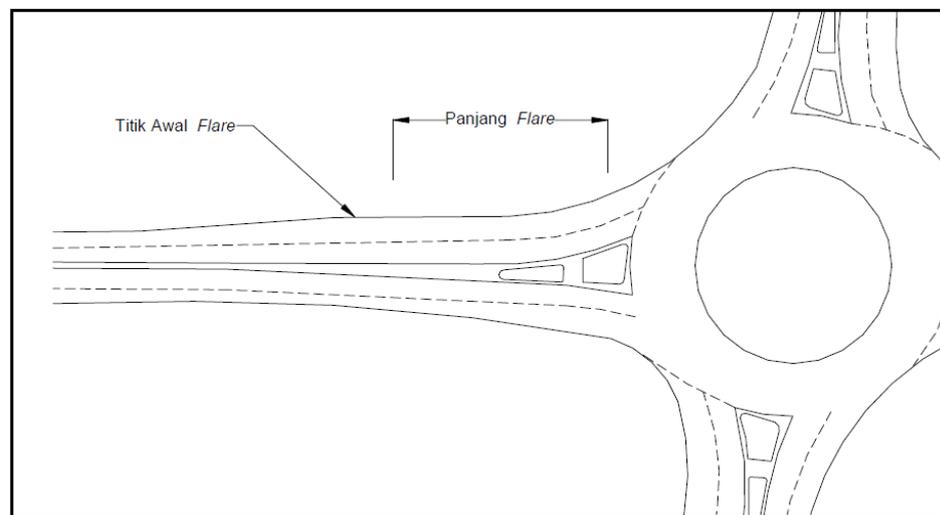
- b. Melebarkan pendekat secara gradual (*flare*).

Peningkatan kapasitas pada lajur masuk dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.8 Peningkatan Kapasitas Jalan dengan Menambah Lajur pada Lengan Pendekat

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)



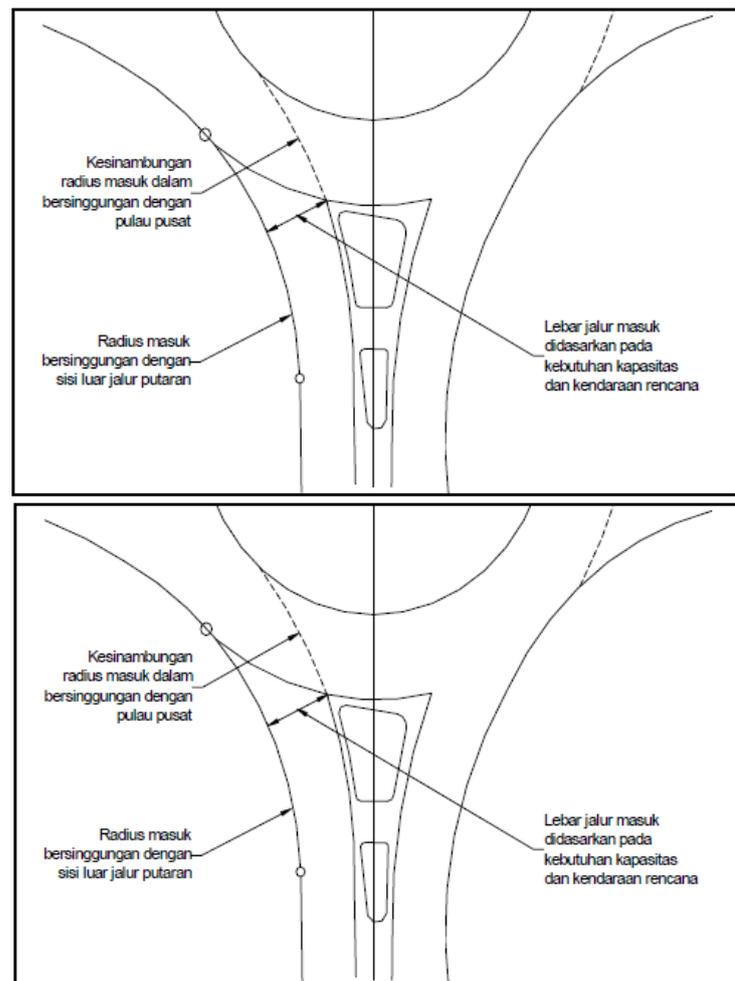
Gambar 3.9 Peningkatan Lebar Jalan Dengan Memperlebar Flare

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

Kesinambungan *radius* masuk dengan jalur lingkaran secara signifikan akan memberikan dampak kepada aspek keselamatan. *Radius* masuk/keluar, pulau

bundaran dan jalur lingkaran memberikan kontribusi kepada manuver kendaraan yang akan masuk atau keluar jalur lingkaran.

Ilustrasi kesinambungan jalur masuk dan keluar dengan jalur lingkaran dapat dilihat pada Gambar 3.10



Gambar 3.10 Ilustrasi Jalur Masuk dan Keluar

(Sumber: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2004)

3.7.8. Radius Masuk dan Keluar Pulau Pemisah

Radius masuk dan *radius* keluar pada suatu bundaran merupakan besar *radius* di setiap lengan bundaran yang akan dilewati oleh para pengendara ketika akan memasuki atau keluar dari bundaran menuju lengan bundaran. *Radius* masuk

dan *radius* keluar berdasarkan dari Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004) dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$V = \sqrt{127R(e + f)} \quad (3.7)$$

dengan:

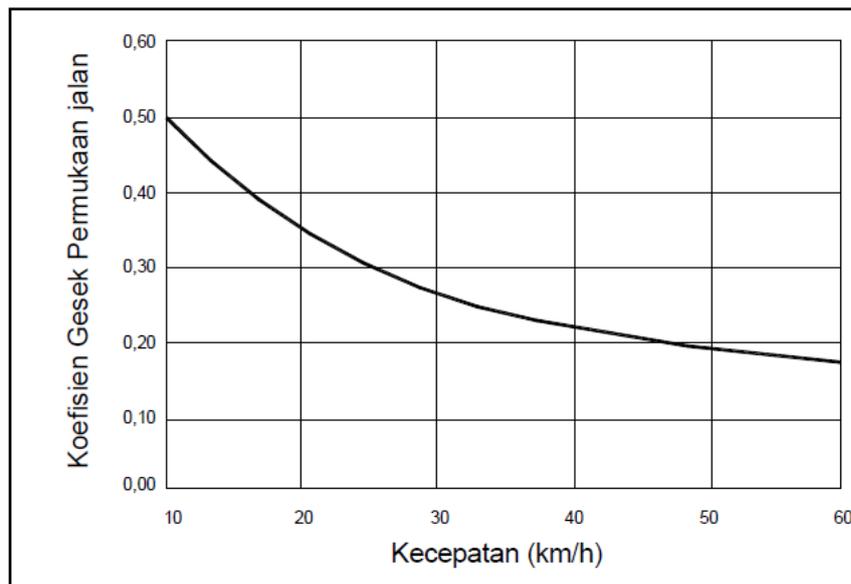
V = Kecepatan rencana pada lengan pendekat (km/h),

R = *Radius* masuk/keluar (m),

e = Superelevasi (0,02-0,03) (m/m), dan

f = Koefisien gesek (friksi) permukaan jalan.

Untuk hubungan koefisien gesek dengan kecepatan rencana dapat dilihat pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 Hubungan Koefisien Gesek dengan Kecepatan Rencana

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

Koefisien gesek ditentukan berdasarkan fungsi dari kecepatan rencana, dengan mengacu kepada standar yang dikeluarkan oleh AASHTO (2001). Hubungan koefisien gesek dengan kecepatan rencana dapat ditentukan dengan Gambar 3.13.

Bentuk variasi kecepatan rencana dan radius masuk serta radius keluar dapat dikelompokkan seperti pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Variasi Kecepatan Rencana dan *Radius* Masuk Serta Keluar

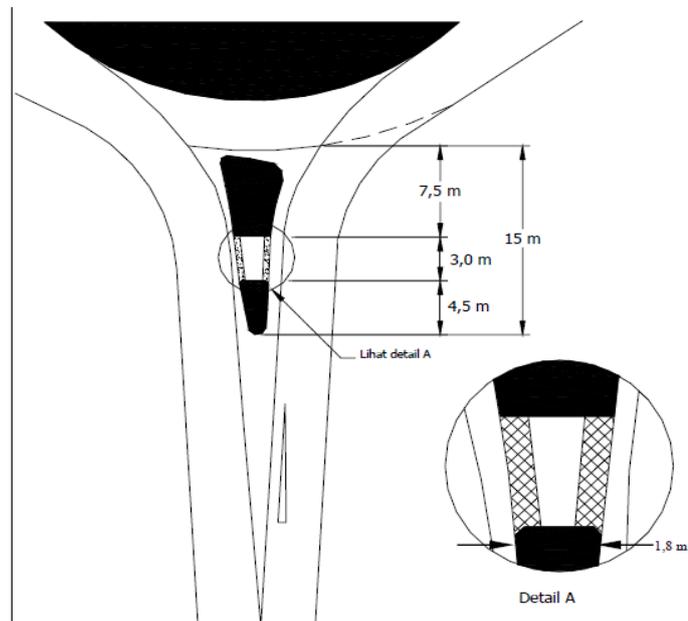
No	Kecepatan rencana pendekat (km/h)	<i>Radius</i> minimum masuk dan keluar (m)
1	20	9
2	25	15
3	30	24
4	35	36
5	40	51
6	45	70
7	50	94

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004)

3.7.9. Pulau Pemisah (*Splitter Island*)

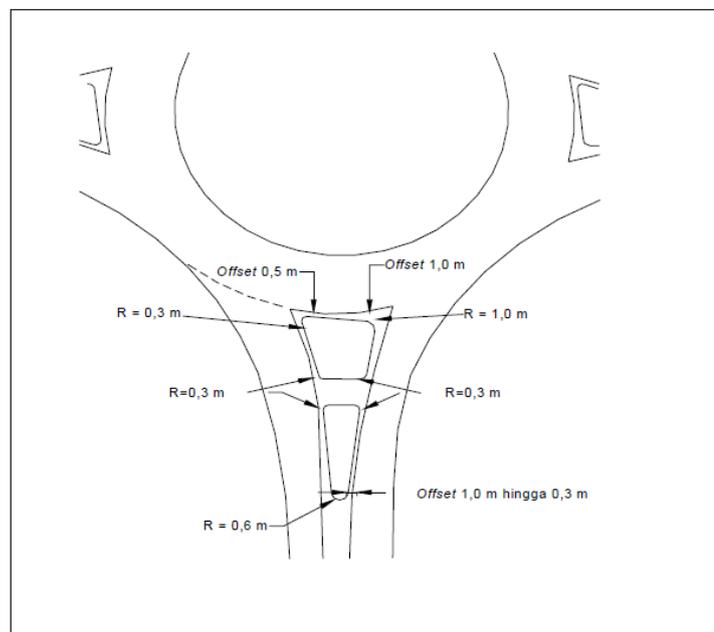
Pulau pemisah adalah bangunan pada jalan yang berfungsi untuk memisahkan jalur yang berada ketika jalan sudah mendekati bagian bundaran. Pulau pemisah juga bertujuan agar kendaraan masuk dan keluar bisa dengan mudah memilih jalur ketika akan memasuki atau keluar dari bundaran. Pulau pemisah memiliki beberapa ketentuan yang diantaranya adalah:

1. Pulau pemisah harus tersedia di setiap lengan bundaran. Selain dipergunakan untuk membimbing kendaraan memasuki jalur lingkaran, pulau pemisah juga berfungsi sebagai “tempat pemberhentian (*refuge*)” bagi penyeberang jalan dan membantu mengendalikan kecepatan.
2. Total panjang minimum dari pulau pemisah lebih kurang 15 m. Dimensi minimum dari pulau pemisah dapat dilihat pada Gambar 3.12.
3. Meningkatkan lebar dari pulau pemisah secara signifikan akan memberikan kontribusi tingkat kecelakaan pada jalur lingkaran.
4. Dimensi dari hidung pulau pemisah ditampilkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.12 Tipikal Pulau Pemisah

(Sumber: Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah, 2004)

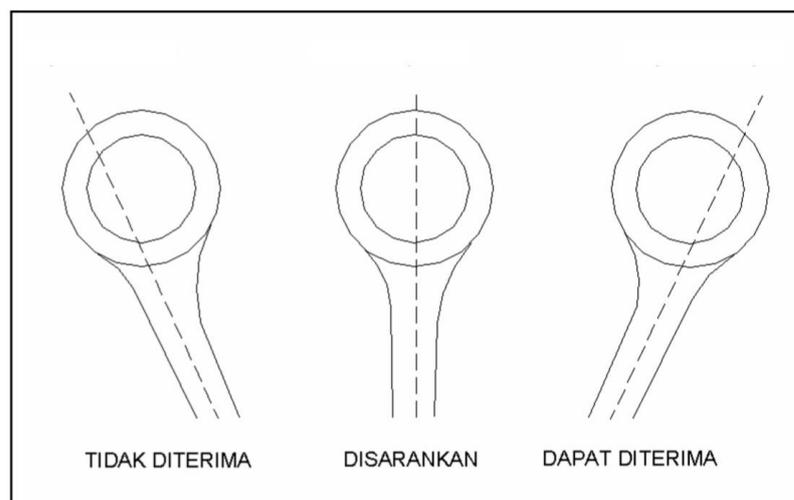


Gambar 3.13 Dimensi Hidung Pulau Pemisah

(Sumber: Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah, 2004)

3.7.10. Alinyemen Horizontal Pendekat

Dalam syarat alinyemen horisontal pendekat, Titik pusat bundaran disarankan ditempatkan pada perpotongan sumbu (*centreline*) dari masing-masing lengan pendekat. Apabila sumbu dari salah satu lengan bergeser ke arah kanan dari titik pusat bundaran, masih dapat diterima. Namun tidak dibenarkan jika sumbu salah satu pendekat bergeser ke arah kiri dari titik pusat bundaran, dapat dilihat seperti Gambar 3.14 berikut.



Gambar 3.14 Alinyemen Pendekat

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004)

3.7.11. Kebebasan Pandang Bundaran

Kebebasan pandang pada bundaran dan wilayah pendekat bundaran memiliki ketentuan sebagai berikut.

1. Desain bundaran harus memberikan kebebasan pandang kepada pengemudi untuk dapat mengantisipasi pergerakan kendaraan di jalur lingkaran maupun kendaraan yang memasuki daerah persimpangan bundaran. Karena itu, seluruh wilayah yang termasuk dalam daerah kebebasan pandang pengemudi harus terbebas dari obyek yang dapat mengganggu kebebasan pandang. Arsiran pada Gambar 3.15 memperlihatkan wilayah kebebasan pandang yang harus disediakan pada wilayah bundaran.

2. Wilayah kebebasan pandang diukur dari titik A yang terletak 15 m sebelum garis prioritas. Dari jarak tersebut, pengemudi harus dapat mengantisipasi kendaraan yang bergerak pada jalur lingkaran (d2) maupun kendaraan pada lengan pendekat yang akan memasuki jalur lingkaran dari arah kanan (d1).
3. Kebebasan pandang samping ditentukan dengan menarik garis sepanjang b m. ke arah tepi lengan pendekat di sebelah kanan. Panjang garis b dihitung dengan rumus berikut.

$$b = 0,278 \times V_{\text{konflik}} \times t_c \quad (3.8)$$

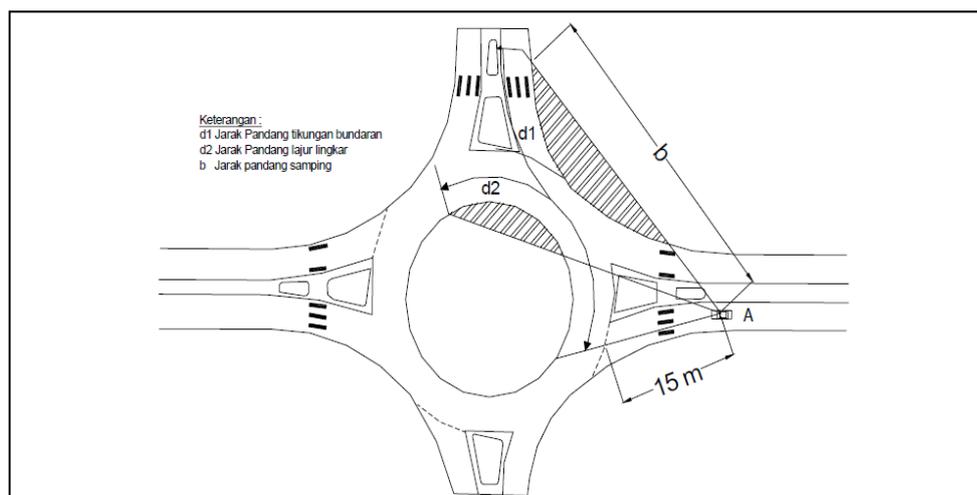
dengan:

b = Jarak pandang lengan bundaran (m),

V_{konflik} = 70 % kecepatan rencana lengan pendekat (km/h), dan

t_c = Selisih waktu kritis saat masuk pada jalan utama (dt).

4. Jika kecepatan konflik yang telah ditentukan sebelumnya, panjang garis b dapat mengacu pada Tabel 3.5
5. Jarak pandang bundaran ditentukan dengan mengasumsikan mata pengemudi setinggi 1.080 mm dan tinggi obyek (kendaraan lain) adalah 600 mm.



Gambar 3.15 Jarak Pandang Bundaran

(Sumber: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2004)

Tabel 3.5 Jarak Pandang ke Lengan Bundaran (b)

Kecepatan konflik (V konflik) (km/h)	Jarak pandang lengan bundaran (b) (m)
20	36
25	45
30	54
35	63
40	72

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004)

3.7.12. Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti adalah batas jarak pandang yang dibutuhkan oleh pengemudi untuk mengantisipasi obyek-obyek tertentu yang akan dihadapi oleh pengemudi saat berkendara. Persamaan untuk menentukan besarnya jarak pandang henti dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

1. Jarak pandang henti menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004) dihitung dengan persamaan berikut.

$$d = (0,278) (t)(v) + 0,039 x \frac{v^2}{a} \quad (3.9)$$

Dengan:

d = Jarak pandang berhenti (m),

t = Waktu reaksi, diasumsikan 2,5 detik,

V = Kecepatan (km/h) dan

A = Deselerasi pengemudi, diasumsikan 3,4 m/detik².

2. Untuk kecepatan yang telah ditentukan, jarak pandang harus minimum pada bundaran dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Jarak Pandang Henti Minimum

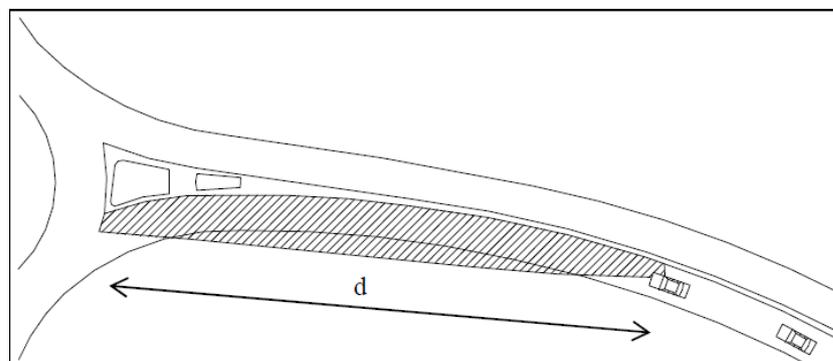
No	Kecepatan (km/h)	Jarak pandang henti minimum (m)
1	10	8
2	20	19
3	30	31
4	40	46
5	50	63

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004)

3. Khusus untuk perencanaan persimpangan dengan bundaran terdapat 3 jarak pandang henti yang harus dihitung, yaitu.

- a. Jarak pandang henti pendekat.

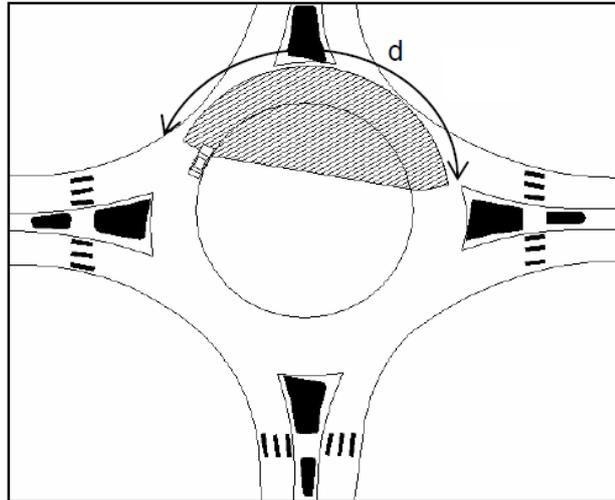
Jarak pandang henti ini merupakan jarak aman yang dibutuhkan pengemudi untuk dapat memberhentikan kendaraannya dalam mengantisipasi obyek atau penyeberang jalan pada lengan pendekat, seperti pada Gambar 3.16.

**Gambar 3.16 Jarak Pandang Henti Pendekat**

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

- b. Jarak pandang henti jalur lingkaran.

Jarak pandang henti ini merupakan jarak aman yang dibutuhkan pengemudi untuk dapat memberhentikan kendaraannya dalam mengantisipasi obyek di jalur lingkaran. Seperti pada Gambar 3.17 berikut.

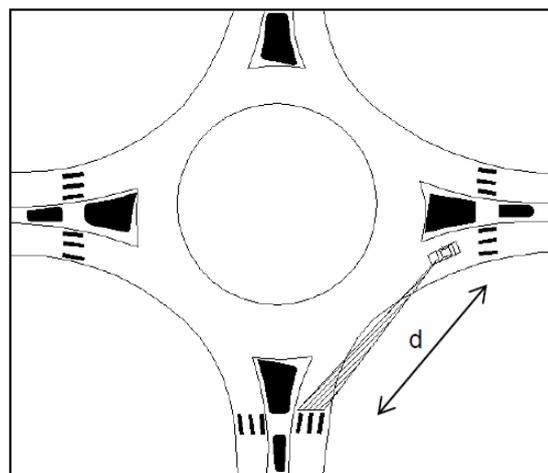


Gambar 3.17 Jarak Pandang Henti jalur Lingkar

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

- c. Jarak pandang henti jalur penyeberang jalan pada jalur keluar.

Jarak pandang henti ini merupakan jarak aman yang dibutuhkan pengemudi untuk dapat memberhentikan kendaraannya dalam mengantisipasi obyek atau penyeberang jalan pada lajur keluar. Jarak pandang henti jalur penyeberang jalan pada jalur keluar dapat dilihat pada Gambar 3.18 berikut.

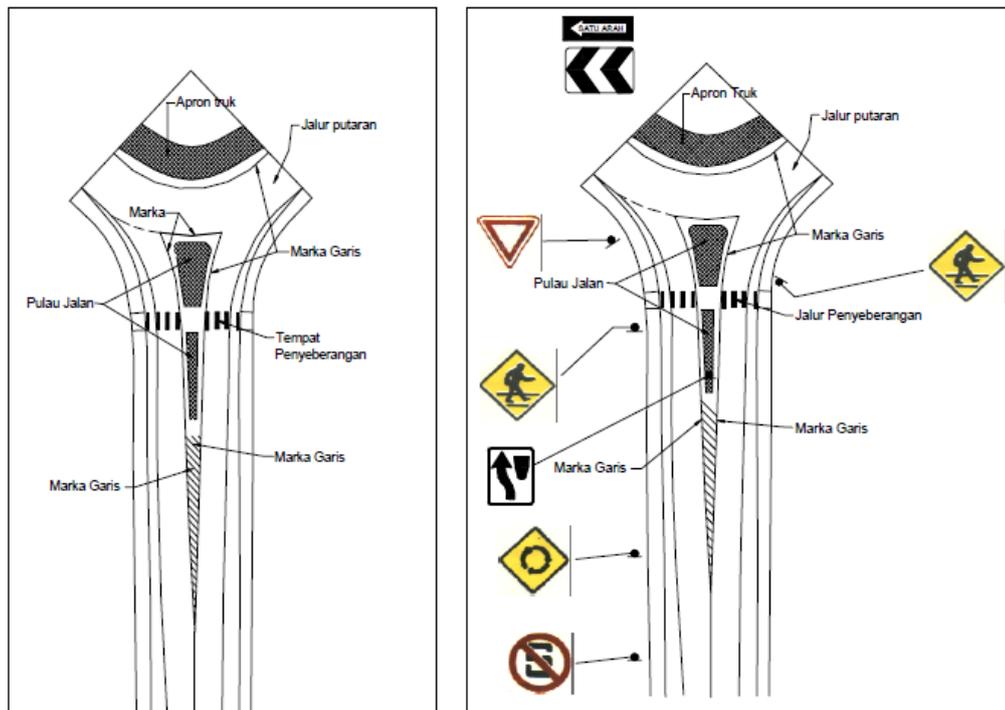


Gambar 3.18 Jarak Pandang Henti Jalur Penyebrangan

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

3.7.14 Marka dan Rambu

Spesifikasi pemarkaan dan perambuan mengacu kepada tata cara pemarkaan dan perambuan Nomor : Pd. T-12-2004-B, Pedoman Marka Jalan. Persyaratan minimum penempatan rambu dan pemarkaan pada bundaran dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Tipikal Marka dan Rambu Jalan

(Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

3.8 Evaluasi Kinerja Bundaran

Ukuran-ukuran kinerja bundaran dapat diperkirakan untuk kondisi tertentu sesuai dengan kondisi geometrik, lingkungan dan lalu-lintas. Ukuran-ukuran tersebut secara umum meliputi:

1. Kapasitas (C),
2. Derajat Kejenuhan (DS),
3. Tundaan (D) dan
4. Peluang Antrian (QP%).

3.8.1. Kapasitas

Kapasitas adalah suatu arus lalu-lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu yang dinyatakan dalam kendaraan/jam atau smp/jam. Kapasitas total pada jalianan bundaran dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian antara data geometrik bundaran dan faktor-faktor penyesuaian (F). Persamaan kapasitas bundaran menurut Direktorat Jendral Bina Marga (1997) adalah sebagai berikut.

$$C = C_0 \times F_{CS} \times F_{RSU} \quad (3.10)$$

dengan:

C = Kapasitas (smp/jam),

C₀ = Kapasitas dasar (smp/jam),

F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota, dan

F_{RSU} = Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan bermotor.

3.8.2. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) merupakan rasio arus lalu-lintas (smp/jam) terhadap kapasitas (smp/jam). Perhitungan rasio arus lalu-lintas dalam satuan kendaraan/jam yang sudah dikonversikan dengan faktor ekivalensi mobil penumpang. Persamaan nilai derajat kejenuhan (DS) menurut Direktorat Jendral Bina Marga (1997) dapat ditulis dengan persamaan berikut ini :

$$DS = Q_{smp} / C \quad (3.11)$$

$$Q_{smp} = Q_{kend} \times F_{smp}$$

dengan:

DS = Derajat kejenuhan (DS),

C = Kapasitas,

Q_{smp} = Arus lalu-lintas total (smp/jam), dan

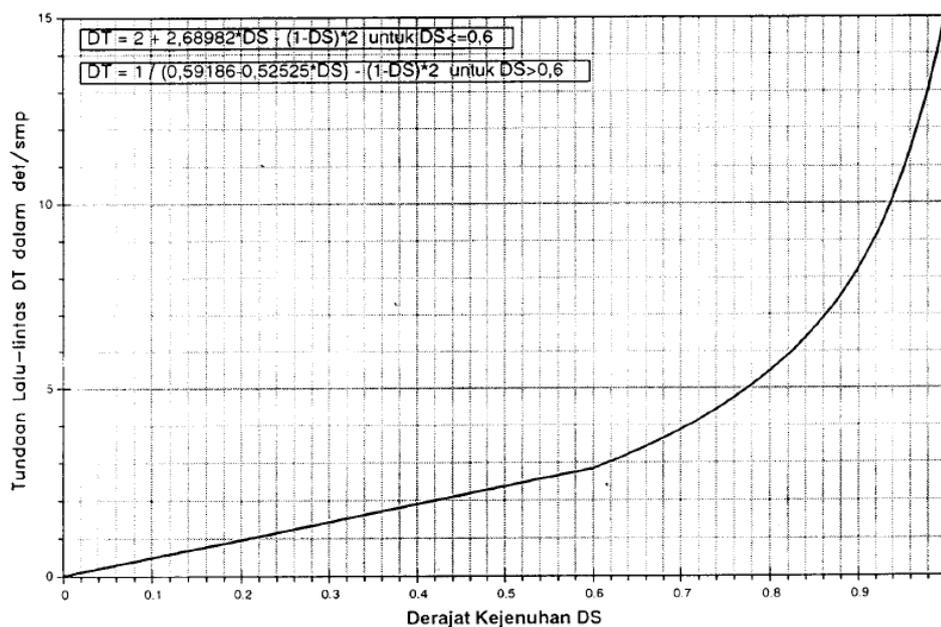
F_{smp} = Faktor ekivalensi mobil penumpang (emp).

3.8.3. Tundaan

Tundaan di jalinan bundaran adalah total waktu hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan sewaktu melewati simpang. Nilai tundaan mempengaruhi nilai waktu tempuh kendaraan. Semakin tinggi nilai tundaan maka akan semakin tinggi waktu tempuh. Dalam Direktorat Jendral Bina Marga (1997), nilai tundaan yang perlu ditentukan dalam analisis perhitungan kinerja bundaran adalah sebagai berikut.

1. Tundaan lalu-lintas bagian jalinan (DT)

Tundaan lalu-lintas bagian jalinan (detik/smp) adalah tundaan rata-rata lalu-lintas per kendaraan yang masuk ke bagian jalinan. Tundaan DT ditentukan dari kurva hubungan empiris antara tundaan DT dan derajat kejenuhan DS seperti pada yang terlihat pada Gambar 3.20 berikut.



Gambar 3.20 Tundaan Lalu-lintas Bagian Jalinan Vs Derajat Kejenuhan (DT vs DS)

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2. Tundaan lalu-lintas bundaran (DT_R)

Tundaan lalu lintas bundaran adalah tundaan rata-rata per kendaraan yang masuk ke dalam bundaran. Persamaan tundaan lalu-lintas bundaran (DT_R)

menurut Direktorat Jendral Bina Marga (1997) dapat ditulis dengan persamaan berikut ini :

$$DT_R = \sum (Q_i \times DT_i) / Q_{\text{masuk}} ; i = 1, 2, \dots N \quad (3.12)$$

dengan:

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), dan

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

3. Tundaan bundaran (D_R)

Tundaan bundaran adalah tundaan lalu-lintas rata-rata per kendaraan masuk bundaran. Persamaan tundaan bundaran (D_R) menurut Direktorat Jendral Bina Marga (1997) dapat ditulis dengan persamaan berikut ini :

$$D_R = DT_R + 4 \quad (3.13)$$

dengan:

D_R = Tundaan bundaran (detik/smp)

DT_R = Tundaan lalu l-intas bundaran (detik/smp)

3.8.4 Peluang Antrian Bagian Jalinan (QP%)

Direktorat Jendral Bina Marga (1997) menyatakan, batas nilai peluang antrian QP% (%) ditentukan dari hubungan empiris antara peluang antrian QP% dan derajat kejenuhan (DS). Peluang antrian dengan batas atas dan batas bawah dapat ditentukan dari persamaan berikut.

$$QP\% = 26,65 \times DS - 55,55 \times DS^2 + 108,57 \times DS^3 \text{ (batas atas)}$$

$$QP\% = 9,41 \times DS - 29,967 \times DS^{4,619} \text{ (batas bawah)}$$

dengan:

QP% = Peluang antrian (%)

DS = Derajat Kejenuhan

3.8.5 Peluang antrian bundaran ($Q_{PR}\%$)

Direktorat Jendral Bina Marga (1997) menyatakan, peluang antrian bundaran adalah peluang antrian terbesar yang terjadi pada jalinan bundaran, persamaan dari peluang antrian bundaran adalah sebagai berikut.

$$Q_{PR}\% = \text{maks. dari } (Q_{Pi}\%) ; i = 1 \dots n$$

dengan:

$Q_{PR}\%$ = Peluang antrian bundaran (%)

QP = Peluang antrian pada jalinan bundaran (%)