

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bundaran

Menurut Pedoman Perencanaan Bundaran untuk persimpangan sebidang, bundaran adalah persimpangan yang dilengkapi lajur lingkaran dan mempunyai spesifikasi dan dilengkapi perlengkapan lalu lintas, (*Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah*, 2004).

Bundaran merupakan daerah jalinan yang mampu mendistribusikan arus lalu lintas dengan volume lalu lintas rendah hingga medium (Sugiarto, Faisal and Reyhan, 2019). Bundaran adalah bentuk dari persimpangan yang mana kendaraan diarahkan untuk masuk ke dalam satu jalur berputar mengelilingi pulau lalu lintas ditengahnya, (O'Flaherty, 1997).

Berbagai macam pola pergerakan tersebut akan saling berpotongan sehingga menimbulkan titik-titik konflik pada persimpangan. Perubahan dari simpang bersinyal atau tak bersinyal menjadi bundaran dapat didasari oleh keselamatan lalu lintas, budaya masyarakat berlalu lintas dan berperan untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas antara kendaraan yang berpotongan karena pada bundaran terjadi konflik kendaraan yang berbeda kepentingan, asal maupun tujuan. Bundaran mempunyai keuntungan yaitu memaksa kendaraan untuk mengurangi kecepatan, karena kendaraan dipaksa untuk membelok mengikuti jalan yang mengelilingi bundaran, menghilangkan konflik berpotongan (*crossing conflict*), dan digantikan dengan konflik bersilangan (*weaving conflict*) yang dapat berlangsung dengan lebih lancar, tanpa harus berhenti bila arus tidak begitu besar.

2.1.1 Konsep bundaran

Bundaran umumnya mempunyai tingkat keselamatan yang lebih baik dibanding jenis pengendalian persimpangan yang lain, tingkat kecelakaan lalu lintas bundaran sekitar 0,3 kejadian persatu juta kendaraan, tingkat kecelakaan

lalu lintas pada persimpangan bersinyal 0,43 dan tingkat kecelakaan simpang tak bersinyal 0,6, karena rendahnya kecepatan lalu lintas (maksimum 50 km/jam) dan 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).

Tujuan dari menganalisis kapasitas suatu jalan yaitu untuk memperkirakan jumlah lalu lintas maksimum yang mampu dilayani oleh ruas jalan tersebut. Sama halnya yang telah diketahui suatu ruas mempunyai batas daya tampungnya, apabila suatu arus lalu lintas sudah menyamai atau mendekati kapasitas yang dibatasi pasti akan terjadi ketidaknyamanan bagi para pengguna jalan.

Pengendalian jenis bundaran digunakan untuk memperlambat kecepatan kendaraan. Namun tidak akan menghambat kendaraan tersebut secara besar seperti halnya ketika arus berhenti disaat lampu merah menyala. Teknik ini khususnya sangat bermanfaat jika digunakan pada jalan yang dimanfaatkan untuk kendaraan dengan kecepatan tinggi.

2.1.2 Tipe bundaran

Bundaran efektif jika digunakan untuk persimpangan jalan-jalan yang sama ukuran dan tingkat arusnya, oleh karena itu demikian bundaran sangat sesuai bagi persimpangan antara dua jalur atau empat lajur. Ada beberapa bentuk bundaran yang biasa digunakan dalam pengendalian persimpangan. Tipe bundaran dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Definisi tipe bundaran

Tipe Bundaran	Radius Bundaran	Jumlah lajur masuk ,lebar	Panjang Jalinan	Lebar Jalinan
	(m)	(m)	(m)	(m)
R10-11	10	1,35	23	7
R10-22	10	2,70	27	9
R14-22	14	2,70	31	9
R20-22	20	2,70	43	9

Sumber : (MKJI, 1997)

Misal salah satu tipe bundaran adalah R10-11 maksudnya adalah radius bundaran tersebut adalah 10 meter , satu lajur pada pendekat minor dan satu lajur

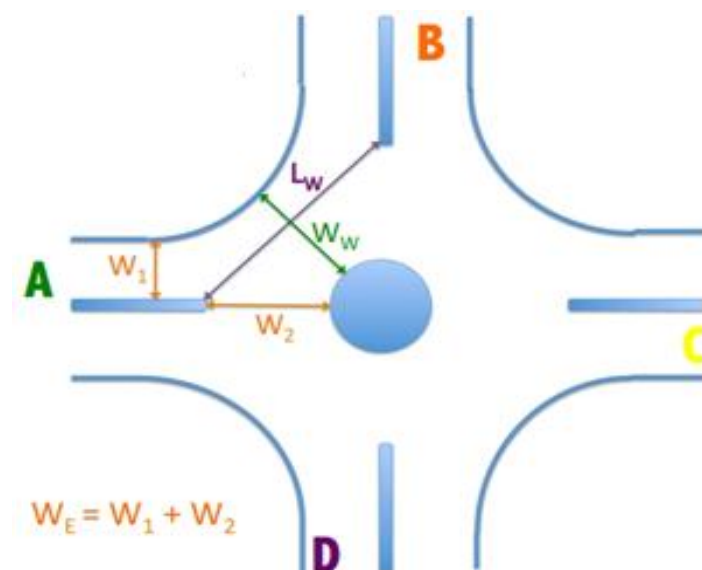
pada pendekat mayor (utama). Bundaran lalu lintas kecil merupakan bundaran lalu lintas dengan ukuran diameter bundaran yang lebih kecil atau sama dengan 4 meter. Bundaran lalu lintas sedang merupakan bundaran dengan ukuran pulau bundaran 4-25 meter dan bundaran konvensional adalah bundaran yang berdiameter diatas 25 meter, bundaran ini biasanya dikombinasikan oleh pemerintah dengan monumen, patung, maupun air mancur atau sesuatu yang memeperindah kota.

2.2 Data Masukan

Berikut ini adalah data yang dimasukan dalam perhitungan, dan data tersebut diperoleh dengan cara survei kelapangan langsung adalah sebagai berikut.

2.2.1 Kondisi geometrik

Data geometrik yang dibutuhkan untuk menganalisis kinerja pada bundaran menurut ketentuan MKJI 1997 adalah berupa gambar tampak atas, berupa nama kota, provinsi, nama jalan, dan penunjuk arah mata angin dan selanjutnya adalah lebar pendekar, lebar pendekat, panjang jalinan dan lebar bahu. Detail gambar bagian jalinan bundaran dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Bagian jalinan Bundaran

(sumber : MKJI 1997)

Keterangan :

W_1 = Lebar pendekat 1 yang akan masuk kebagian jalinan

W_2 = Lebar pendekat 2 yang akan masuk kebagian jalinan

L_w = Panjang jalinan

W_w = Lebar jalinan

W_E = Lebar rata-rata pendekat untuk masing masing bagian jalinan

2.2.2 Kondisi lalu lintas

Manual Kapasitas Jalana Indonesia (MKJI, 1997), menyatakan bahwa “Arus lalu lintas (Q) adalah jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada jalur per satuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan/jam (Q_{kend}), smp/jam (QS_{smp}) atau Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)”. Bagian kendaraan-kendaraan yang diperhitungkan dalam arus lalu lintas adalah :

A. Kendaraan ringan (*Light Vehicle (LV)*)

Semua jenis kendaraan bermotor beroda empat yang termasuk di dalamnya:

1. Mobil penumpang, yaitu kendaraan bermotor beroda empat yang digunakan untuk mengangkut penumpang dengan maksimum sepuluh orang termasuk pengemudi (Sedan, Station Wagon, Jeep, Combi, minibus)
2. Pick-up, mobil hantaran dan mikro truk, dimana kendaraan beroda empat dan dipakai untuk angkutan barang.

B. Kendaraan berat (*Heavy Vehicle (HV)*)

Kendaraan berat meliputi kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3.5 meter, biasanya beroda lebih dari empat.

1. Mikro Bus: kendaraan yang digunakan untuk angkutan penumpang dengan jumlah tempat duduk 20 buah termasuk pengemudi.
2. Bus: kendaraan yang digunakan untuk angkutan penumpang dengan jumlah tempat duduk sebanyak 40 buah atau lebih termasuk pengemudi.
3. Truk: kendaraan angkutan beroda empat atau lebih dengan berat lebih dari 2,5 ton. Termasuk Truk 2-as, Truk 3- as, Truk Tanki, Mobil Gandeng, Semi Trailer, dan Trailer.

C. Sepeda Motor (*Motor Cycle (MC)*)

Kendaraan bermotor beroda dua atau tiga dengan jumlah penumpang maksimum 2 orang termasuk pengemudi. Termasuk disini adalah sepeda motor, scooter, dan sebagainya

D. Kendaraan tak bermotor (*Unmotorized (UM)*)

Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Klasifikasi kendaraan diperlukan untuk mengkonversikan kendaraan kedalam bentuk satuan mobil penumpang (SMP) per jam. Untuk mengetahui nilai smp diperlukan faktor konversi Ekvivalen Mobil Penumpang (EMP) untuk masing-masing tipe kendaraan seperti yang diperlihatkan pada 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: (MKJI, 1997)

Data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung rasio jalinan dan rasio kendaraan tak bermotor yang memasuki bagian jalinan bundaran adalah jumlah lengan simpang dan arah gerakannya. Untuk bundaran lengan empat maupun lebih dihitung dengan rumus yang disajikan pada Tabel 2.3

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

Bagian jalinan	Arus masuk bundaran (Q_{masuk})	Arus masuk bagian jalinan (Q_{tot})	Arus menjalin (Q_w)	Rasio menjalin (P_w)
AB	$A = A_{LT} + A_{ST} + A_{RT} + A_{UT}$	$A + D - D_{LT} + C_{RT} + C_{UT} + B_{UT}$	$A - A_{LT} + D_{ST} + C_{RT} + B_{UT}$	Q_{WAB} / Q_{AB}
BC	$B = B_{LT} + B_{ST} + B_{RT} + B_{UT}$	$B + A - A_{LT} + D_{RT} + D_{UT} + C_{UT}$	$B - B_{LT} + A_{ST} + D_{RT} + C_{UT}$	Q_{WBC} / Q_{BC}
CD	$C = C_{LT} + C_{ST} + C_{RT} + C_{UT}$	$C + B - B_{LT} + A_{RT} + A_{UT} + D_{UT}$	$C - C_{LT} + B_{ST} + A_{RT} + D_{UT}$	Q_{WCD} / Q_{CD}
DA	$D = D_{LT} + D_{ST} + D_{RT} + D_{UT}$	$D + C - C_{LT} + B_{RT} + B_{UT} + A_{UT}$	$D - D_{LT} + C_{ST} + B_{RT} + A_{UT}$	Q_{WDA} / Q_{DA}

Sumber: (MKJI, 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 dengan 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

Untuk rasio kendaraan tak bermotor untuk bagian jalinan bundaran dihitung berdasarkan pembangian dari arus total kendaraan tak bermotor dengan arus total kendaraan bermotor dalam kend/jam yang dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2.

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

Keterangan :

Q_{UM} = Arus tak bermotor total

Q_{VEH} = Arus total (smp/jam)

P_W = Rasio Jalinan

2.3 Kinerja Bundaran

Kinerja Bundaran merupakan ukuran kinerja suatu bundaran dapat dikatakan baik bila memiliki kapasitas bundaran yang tinggi dibanding volume lalu lintas yang dilayaninya. Perbandingan ini disebut sebagai derajat kejenuhan bundaran. 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 dapat diperkirakan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997).

2.3.1 Kapasitas dasar (Co)

Analisis kapasitas jalan adalah sebuah rangkaian prosedur yang dipakai untuk memperkirakan kemampuan daya tampung suatu ruas jalan terhadap arus lalu lintas dalam suatu batasan kondisi. Kapasitas sebagai jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati bagian yang diberikan dari sebuah jalur atau jalan raya selama periode waktu yang diberikan dibawah kondisi jalan dan lalu lintas yang berlaku.

Kapasitas dasar merupakan Kapasitas pada kondisi tertentu (Ideal) dan faktor penyesuaian (F), dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan sesungguhnya terhadap kapasitas. Kapasitas dasar (Co) tergantung dari lebar jalinan (Ww), rasio rata-rata/lebar jalinan (W_E/W_w), rasio menjalin (Pw) dan rasio lebar/panjang jalinan (W_w / L_w), (Dharmawan, Oktarina and Syahroni, 2019). Rumus yang digunakan untuk perhitungan kapasitas dasar sebagai berikut.

$$C_o = 135 \times W_w^{1,3} \times \left(1 + \left(\frac{W_E}{W_w}\right)\right)^{1,5} \times \left(1 - \left(\frac{P_w}{3}\right)\right)^{0,5} \times \left(1 + \left(\frac{W_w}{L_w}\right)\right)^{-1,8} \dots\dots (2.3)$$

$$W_E = \frac{1}{2} \times (W_1 + W_2) \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

C_o = Kapasitas dasar untuk kondisi tertentu/ideal(smp/jam)

W_E = Lebar masuk rata-rata (m)

W_w = Lebar jalinan (m)

L_w = Panjang jalinan (m)

P_w = Rasio jalinan (smp/jam) ; (Q_w/Q_{tot})

2.3.2 Kapasitas total (C)

Kapasitas bundaran pada keadaan lalu-lintas lapangan ditentukan oleh hubungan antara semua gerakan dan kondisi lapangan (Prihono, Rompis and Waani, 2018). Kapasitas total bagian jalinan bundaran adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_o) dengan faktor penyesuaian (F) dengan memperhitungkan kondisi lapangan yang sesungguhnya. Model kapasitas adalah sebagai berikut :

$$C = C_0 \times F_{CS} \times F_{RSU} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

C = Kapasitas (smp/jam)

C_0 = Kapasitas dasar untuk kondisi tertentu/ideal(smp/jam)

F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

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

Untuk mengetahui nilai faktor penyusunan ukuran kota (F_{CS}) dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})

Ukuran Kota	Populasi Penduduk Juta Jiwa	(F_{CS})
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
Sangat besar	>3.0	1,05

Sumber : (MKJI, 1997)

Untuk mengetahui tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor dapat kita lihat pada penyajian Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{RSU}).

Kelas tipe lingkungan jalan	Kelas hambatan samping	Rasio Kendaraan tak bermotor (P_{um})					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	\geq 0,25
Komersial	Tinggi	0.93	0.88	0,84	0.79	0.74	0.70
	Sedang	0.93	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 : (MKJI, 1997)

2.4 Perilaku Lalu Lintas

Suatu transportasi dikatakan baik, apabila waktu perjalanan cukup cepat, tidak mengalami kemacetan, frekuensi pelayanan cukup, aman bebas dari kemungkinan kecelakaan dan kondisi pelayanan yang nyaman. Berikut adalah parameter yang mengukur tentang transportasi dengan kondisi baik atau tidak.

2.4.1 Derajat kejenuhan (DS)

Menurut (MKJI, 1997), derajat kejenuhan (*degree of saturation*) adalah perbandingan rasio arus lalu lintas (smp/jam) terhadap kapasitas (smp/jam) dan digunakan sebagai faktor kunci dalam menilai dan menentukan tingkat kerja suatu segmen jalan. Berdasarkan (MKJI, 1997), untuk derajat kejenuhan pada bagian jalanan bundaran dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DS = \frac{Q_{smp}}{C} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$Q_{smp} = Q_{kend} \times F_{smp} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$F_{smp} = \frac{Lv\% + (Hv\% \times emp_{Hv}) + (MC\% \times emp_{MC})}{100} \quad (2.8)$$

Keterangan :

- C = Kapasitas (smp/jam)
- Q_{smp} = Arus total kendaraan (smp/jam)
- F_{smp} = Faktor satuan mobil penumpang
- Lv = Kendaraan ringan (%)
- Hv = Kendaraan berat (%)
- Mc = Sepeda motor (%)

Jika nilai derajat kejenuhan yang didapatkan pada perhitungan lebih besar dari 0,85 (DS > 0,85) maka bundaran tersebut dikategorikan jenuh.

2.4.2 Tundaan (D)

Menurut (MKJI, 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 otomatis dengan bertambahnya arus total, yaitu arus lalu lintas jalan atau simpang.

Menurut (Hsb and Dahlan, 2018), tundaan adalah hubungan empiris antara tundaan lalu lintas dan derajat keejenuhan. Tundaan lalu lintas ditentukan berdasarkan hasil hubungan antara tundaan lalu lintas dan derajat keejenuhan. Ada beberapa jenis tundaan pada bagian jalinan dapat terjadi karena dua sebab yaitu sebagai berikut :

- A. Tundaan lalu-lintas (DT) akibat interaksi lalu-lintas dengan gerakan yang lain dalam persimpangan
- B. Tundaan geometrik (DG) akibat perlambatan dan percepatan kendaraan yang berbelok dipersimpangan atau yang berhenti oleh lampu merah.

Tundaan rata-rata bagian jalinan adalah tundaan rata-rata lalu lintas per kendaraan dihitung sebagai berikut:

$$D = DT + DG \dots\dots\dots(2.9)$$

$$DG = (1 - DS) \times 4 + DS \times 4 = 4 \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

D = Tundaan rata-rata pada bagian jalinan (det/smp)

DT = Tundaan lalu lintas bagian jalinan (det/smp)

DG = Tundaan geometrik rata-rata bagian jalinan (det/smp)

DS = Nilai derajat keejenuhan

Tundaan lalu lintas bundaran adalah tundaan rata-rata per kendaraan yang masuk kedalam bundaran. Tundaan bundaran dihitung menggunakan rumus 2.11.

$$DT_R = \frac{\sum(Q_i \times DT_i)}{Q_{masuk}} + DG ; i = 1 \dots n \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

Dr = Tundaan bundaran rata-rata (det/smp)

i = Bagian jalinan i dalam bundaran

n = Jumlah bagian jalianan dalam bundaran

- Q_i = Arus total lapangan pada bagian jalinan i (det/smp)
 DT_i = Tundaan lalu-lintas rata-rata bagian jalinan i (det/smp)
 Q_{masuk} = Jumlah arus total yang masuk bundaran (det/smp)
 DG = Tundaan rata-rata geometrik pada bagian jalinan (det/smp)

Tundaan bundaran (D_R) merupakan tundaan lalu lintas rata-rata dibagi jumlah kendaraan yang masuk ke bundaran. Tundaan bundaran dapat dihitung menggunakan persamaan 2.12.

$$D_R = DT_R + 4 \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

DT_R = Tundaan lalu lintas bundaraan

2.4.3 Peluang antrian

Menurut (MKJI, 1997), panjang antrian adalah panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat dalam satuan meter. Peluang antrian dihitung dari hubungan antara peluang antrian dengan derajat kejenuhan. Peluang antrian pada bundaran dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$QP\% = Maks\ dari\ (QP\%); i \dots n \dots\dots\dots (2.13)$$

$$Batas\ atas\ QPmaks\% = (26,65 \times DS - 55,55 \times DS^2) + (108,57 \times DS^3) \dots\dots (2.14)$$

$$Batas\ bawah\ QPmin\% = (9,41 \times DS) + (29,967 \times DS^{4.619}) \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

$QP\%$ = Peluang antrian bagian jalinan I,

N = Jumlah bagian jalinan dalam bundaran

2.5 Tingkat Pelayanan (LOS)

Menurut (Martin dkk, 1961), tingkat pelayanan jalan merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan kualitas pelayanan yang disediakan oleh suatu jalan dalam kondisi tertentu. Penilaian tingkat pelayanan jalan dilihat dari aspek perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas jalan, dimana volume merupakan gambaran dari kebutuhan terhadap arus lalu lintas, sedangkan kapasitas merupakan dari kemampuan jalan untuk melewatkan arus lalu lintas.

Menurut (MKJI, 1997), perilaku lalu lintas diwakili oleh tingkat pelayanan *level of service* (LOS) yaitu ukuran kualitatif yang mencerminkan persepsi pengemudi tentang kualitas mengendarai kendaraan. Tingkat pelayanan *level of service* (LOS) diklasifikasikan sebagai berikut:

A. Tingkat Pelayanan A

1. Kondisi arus bebas dengan volume lalu-lintas rendah dan kecepatan tinggi,
2. Kepadatan lalu-lintas sangat rendah dengan kecepatan yang dapat dikendalikan oleh pengemudi berdasarkan batasan kecepatan maksimum atau minimum dan kondisi fisik jalan,
3. Pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkannya tanpa atau dengan sedikit tundaan.

B. Tingkat Pelayanan B

1. Arus stabil dengan volume lalu lintas sedang dan kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas,
2. Kepadatan lalu lintas rendah, hambatan internal lalu lintas belum mempengaruhi kecepatan,
3. Pengemudi masih punya kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan.

C. Tingkat Pelayanan C

1. Arus stabil tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi,
2. Kepadatan lalu lintas meningkat dan hambatan internal meningkat,

D. Tingkat Pelayanan D

1. Arus mendekati tidak stabil, volume lalu lintas tinggi, kecepatan masih ditolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus lalu lintas,
2. Kepadatan lalu lintas sedang, fluktuasi volume lalu lintas dan hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar (keterbatasan pada arus lalu lintas mengakibatkan kecepatan menurun)

E. Tingkat Pelayanan E

1. Arus lebih rendah dari pada tingkat pelayanan D dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sangat rendah,

2. Kepadatan lalu lintas tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi,
3. Pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan durasi pendek.

F. Tingkat Pelayanan F

1. Arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang,
2. Kepadatan lalu lintas sangat tinggi dan volume rendah setelah terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama,
3. Dalam keadaan antrian, kecepatan maupun volume turun sampai 0.

Tabel 2.6 Karakteristik Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan (LOS)	Karakteristik	Batas Lingkup V/C
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan	0,0 – 0,20
B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi dibatasi oleh kondisi lalu lintas. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan	0,21 – 0,44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan	0,45 – 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan, Q/C masih dapat ditolerir	0,75 – 0,84
E	Volume lalu lintas mendekati/berada pada kapasitas arus tidak stabil, terkadang berhenti	0,85 – 1,00
F	Arus yang dipaksakan/macet, kecepatan rendah, V diatas kapasitas, antrian panjang dan terjadi hambatan-hambatan yang besar	>1,00

2.6 Perhitungan Proyeksi LHR

Untuk menghitung proyeksi Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) pada tahun yang akan ditinjau digunakan persamaan berikut:

$$LHR_n = LHR_0 (1 + i)^n \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

LHR_n = Lalu-lintas harian rata-rata tahun yang di tinjau

LHR_0 = Lalu-lintas harian pada saat sekarang

i = Angka pertumbuhan lalu lintas

n = Jangka waktu tinjauan (tahun)

2.7 Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk memproyeksikan jumlah penduduk pada tahun yang akan ditinjau digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

P_n = Jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau

P_0 = Jumlah penduduk pada saat sekarang

r = Angka pertumbuhan penduduk (%)

n = Jangka waktu tinjauan (tahun)

2.8 Simulasi

Menurut (Hutahaean, 2018), Simulasi adalah sebuah teknik meniru operasi-operasi atau langkah-langkah yang terjadi dalam suatu sistem perangkat lunak atau komputer dan didasari oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem mampu mempelajari secara alamiah. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, simulasi adalah pelatihan, yang meragakan sesuatu dlam bentuk tiruan yang mirip dengan keadaan sebenarnya.

2.9 PTV Vissim

Menurut (Karlsruhe, 2015), *PTV Vissim* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi arus lalu lintas secara mikroskopis terkemuka yang dikembangkan oleh *Planung Transportasi verkehr AG* (PTV) di Karlsruhe, Jerman. Menurut (Larasati Amalia, 2019), *Vissim* merupakan *software* simulasi yang digunakan oleh profesional untuk membuat simulasi dari skenario lalu lintas yang dinamis sebelum membuat perencanaan dalam bentuk nyata.

Vissim dimulai tahun 1992 dan saat ini menjadi pemimpin pasar global. *Vissim* alat *micro-simulasi* lalu lintas bisa digunakan untuk perencanaan dan pemodelan lalu lintas, untuk perkotaan maupun pada pedesaan baik untuk analisis