

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Penataan lalu lintas adalah suatu teknik perencanaan transportasi yang sifatnya langsung penerapan di lapangan dan biasanya berjangka waktu yang tidak terlalu lama. Hal ini akan menyangkut kondisi dari arus lalu lintas dan juga sarana penunjangnya baik pada saat sekarang atau yang akan direncanakan.

Ditinjau dari skala waktu penanganan, maka dapat dikatakan bahwa orientasi penanganan penataan lalu lintas adalah jangka pendek, yaitu dalam skala waktu dibawah 5 tahun. Dalam skala waktu yang pendek ini perubahan sistem prasarana transportasi tidak terjadi, sedangkan pola ataupun orientasi pergerakan secara dinamis akan selalu berkembang.

Jadi, orientasi penataan lalu lintas adalah berusaha mengantisipasi ataupun mengakomodasi perubahan orientasi ataupun pola pergerakan jangka pendek secara temporer selama perubahan prasarana belum dilaksanakan. Selain itu penataan lalu lintas juga dapat dilakukan untuk mengantisipasi adanya perubahan pola ataupun orientasi pergerakan sebagai konsekuensi dari suatu perubahan sistem prasarana, misalnya pembangunan jalan baru.

2.2 Konteks dan Lingkup Penataan Lalu Lintas

Penataan lalu lintas pada dasarnya dilakukan dalam usaha untuk menyelesaikan permasalahan lalu lintas dalam jangka pendek, maka aspek yang dikaji suatu studi penataan lalu lintas lebih terbatas dibanding perencanaan transportasi perkotaan. Beberapa aspek yang biasanya ditinjau dalam studi penataan lalu lintas.

1. Mobilitas penduduk dan barang
2. Aksesibilitas daerah
3. Keselamatan (safety)
4. Kenyamanan pengendara

5. Keselarasan lingkungan
6. Konservasi energi

Enam aspek tersebut juga selanjutnya dijadikan indikator untuk menggambarkan kondisi obyektif dari sistem yang ditinjau.

2.3 Indikator Performansi

Indikator performansi adalah besaran kuantitatif yang menggambarkan kondisi obyektif dari sistem yang ditinjau dari suatu aspek tertentu. Untuk sistem transportasi perkotaan, kondisi obyektif yang menggambarkan keadaan lalu lintas yang dirasakan masyarakat dapat ditunjukkan dengan melihat 6 aspek utama, yaitu: mobilitas, *safety*, kenyamanan, lingkungan, konservasi energi.

a. Mobilitas

Mobilitas pada dasarnya menunjukkan tingkat efektifitas dan efisiensi pergerakan lalu lintas. Mobilitas berhubungan dengan operasi yang mencoba mengurangi keterlambatan yang tidak diinginkan. Dalam penataan lalu lintas, problem dihubungkan dengan operasi persimpangan dan ruas jalan secara efisien. Konsep ini dapat diaplikasikan sama dengan moda angkutan umum lainnya, seperti bus, taksi, kereta api, dll. Waktu perjalanan dengan angkutan umum meliputi waktu jalan kaki, menunggu dan waktu berada di kendaraan. Waktu tunggu ditentukan oleh kemacetan dan operasi awak bus, terutama waktu berhenti untuk mengangkut penumpang.

b. Aksesibilitas

Aksesibilitas berhubungan dengan pengembangan jaringan. Pengembangan jaringan jalan yang tidak cukup merupakan penyebab terjadi masalah transportasi, yang memaksa lalu lintas untuk menggunakan rute yang lebih panjang. Aksesibilitas dengan kendaraan pribadi biasanya dipengaruhi oleh waktu yang diperlukan untuk mencari tempat parkir, dan waktu berjalan ke tempat tujuan. Waktu berjalan angkutan umum ditentukan oleh jarak ketempat tujuan dari halte, dan rute angkutan umum.

c. Keselamatan (*Safety*)

Menunjukkan kondisi keamanan dari suatu sistem lalu lintas.

d. Kenyamanan

Kenyamanan merupakan aspek yang penting. Masyarakat membutuhkan kenyamanan dan mau membayar lebih atau memilih cara lain untuk mendapatkan kenyamanan.

e. Lingkungan

Kondisi lingkungan yang nyaman sangat penting, namun merupakan pertimbangan kedua. Bagaimanapun pertimbangan pertama adalah rencana operasi yang efisien dan efektif, baru kemudian dampak lingkungan dievaluasi. Operasi yang efisien akan menguntungkan lingkungan.

f. Konservasi energi

Konservasi energi merupakan pertimbangan utama, karena meningkatnya keterbatasan minyak. Akan tetapi, operasi sistem transportasi yang efisien terutama pemecahan masalah kemacetan akan mendatangkan penghematan energi.

2.4 Tipe dan Jenis Data yang Diperlukan

Secara keseluruhan data yang dibutuhkan untuk suatu studi penataan lalu lintas, adalah :

2.4.1 Data Kondisi Sarana dan Prasarana Transportasi

Pengumpulan data tipe ini bertujuan untuk mengetahui secara rinci kondisi sistem transportasi yang ada saat ini, dimana sistem transportasi yang dimaksud meliputi sistem pra sarana dan sistem sarana transportasi.

a. Pra sarana jaringan jalan

Pra sarana jaringan jalan meliputi struktur, dimensi, dan klasifikasi masing – masing ruas jalan. Pada pengumpulan data pra sarana jaringan jalan ini, tinjauannya adalah menyeluruh, yaitu semua ruas jalan yang ada beserta persimpangannya. Untuk setiap ruas jalan yang terdapat dalam sistem jaringan, data yang dikumpulkan meliputi :

- ◆ Hirarki atau kelas dari ruas yang bersangkutan (jalan arteri, kolektor, atau lokal)
- ◆ Komponen ruas jalan (drainase, bahu jalan, *side walk*, dan perkerasan)
- ◆ Jumlah lajur
- ◆ Dimensi ruas (panjang ruas, lebar jalan)

Sedangkan untuk setiap persimpangan dalam sistem jaringan jalan, data yang dikumpulkan meliputi :

- ◆ Ruas jalan yang menghubungkan persimpangan yang dimaksud
- ◆ Dimensi dan besaran geometrik dari persimpangan
- ◆ Jumlah lajur pada masing – masing persimpangan

Pada dasarnya data – data ini untuk memperoleh kapasitas pelayanannya, dimana dalam hal ini kapasitas pelayanan ruas jalan atau persimpangan didefinisikan sebagai jumlah maximum kendaraan yang melewati jalan tersebut dalam periode 1 jam tanpa menimbulkan kepadatan lalu lintas yang menyebabkan hambatan waktu, bahaya, atau mengurangi kebebasan pengemudi menjalankan kendaraan.

b. Sarana dan pra sarana angkutan umum

Dalam pendataan ini pra sarana dan sarana perlu dirinci dan dicatat ciri khasnya, termasuk tingkat kemampuan pelayanan dalam wilayah perkotaan. Sarana angkutan yang menyangkut perlu lintasan adalah perhentian, halte, dll. Sedangkan pra sarana adalah jalan.

Data Karakteristik dan Pola Pergerakan

Data karakteristik dan pola pergerakan dapat di klasifikasikan dalam beberapa kelompok, yaitu :

- ◆ Karakteristik non spatial lalu lintas, yaitu meliputi pola variasi jam, pola variasi harian, pola variasi bulanan, komposisi lalu lintas.
- ◆ Kondisi operasional pergerakan, yaitu meliputi volume lalu lintas, kecepatan lalu lintas, tundaan, panjang antrian.
- ◆ Pola orientasi pergerakan, yaitu meliputi matriks distribusi jalan.

2.5 Karakteristik Arus Lalu Lintas

Sebagai jalan perkotaan, karakteristik arus lalu lintas jalan Pemuda, Pandanaran, Gajah Mada dapat dianalisis sesuai dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

2.5.1 Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Nilai arus lalu lintas (Q) mencerminkan komposisi lalu lintas dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (smp). Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp), yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan sebagai berikut :

1. *Light Vehicles* (LV) adalah kendaraan bermotor 2 as beroda 4 dengan jarak as 2,0 – 3,0 m. Meliputi : mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick up dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi bina marga.
2. *Heavy Vehicles* (HV) adalah kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 m, dan biasanya beroda lebih dari 4. Meliputi : bus, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi bina marga.
3. *Motor Cycle* (MC) adalah kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda. Meliputi sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi bina marga.
4. *Un motorized*(UM) adalah kendaraan roda yang digerakan oleh orang atau hewan. Meliputi : sepeda, becak, kereta kuda sesuai sistem klasifikasi bina marga.

Tabel 2.1 Nilai Standar untuk Komposisi Lalu Lintas

Nilai Standar untuk Konfersi Lalu Lintas			
Jumlah penduduk (juta)	LV (%)	HV (%)	MC (%)
< 0,1	45	10	45
0,1 – 0,5	45	10	45
0,5 – 1,0	53	9	38
1,0 – 3,0	60	8	32
> 3,0	69	7	24

Sumber : MKJI 1997

2.5.2 Nilai Konversi Kendaraan

Ekivalen mobil penumpang (emp) adalah faktor yang menunjukkan berbagai tipe kendaraan dibandingkan kendaraan ringan sehubungan dengan pengaruh terhadap kecepatan kendaraan ringan dalam arus lalu lintas. Nilai emp berfungsi sebagai nilai konversi arus lalu lintas ke dalam satuan mobil penumpang (smp).

Tabel 2.2 Faktor ekivalen kendaraan jalan perkotaan tak terbagi

Tipe jalan : Jalan tak terbagi	Arus lalu lintas Total per dua arah (kend/jam)	Jumlah penduduk kota		
		HV	Lebar jalur lalu lintas	
			≤ 6	>6
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	0	1,3	0,5	0,4
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	0	1,3	0,4	
	≥ 1800	1,2	0,25	

Sumber : MKJI 1997

Tabel 2.3 Faktor ekivalen kendaraan jalan perkotaan terbagi dan satu arah

Tipe jalan : Jalan satu arah dan jalan terbagi	Arus lalu lintas total per lajur (kend/jam)	EMP	
		HV	MC
Dua lajur satu arah (2/1 D)	0	1,3	0,4
Empat lajur terbagi (4/2 D)	≥ 1050	1,2	0,25
Tiga lajur satu arah (3/1 D)	0	1,3	0,4
Enam lajur terbagi (6/2 D)	≥ 1100	1,2	0,25

Sumber : MKJI 1997

2.5.3 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melintasi titik suatu ruas jalan pada interval waktu tertentu yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang.

Beberapa hal yang berhubungan dengan volume lalu lintas yang sering digunakan dalam analisa maupun perhitungan lalu lintas antara lain :

- ◆ Volume lalu lintas per jam, merupakan jenis volume yang sering digunakan karena memiliki akurasi tinggi dan dapat mewakili pergerakan kendaraan yang terjadi di suatu ruas jalan.
- ◆ Volume jam puncak, merupakan banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik ruas jalan selama 1 jam pada saat terjadi arus lalu lintas terbesar dalam 1 hari. Volume lalu lintas ini biasanya yang akan dipakai dalam analisa dan perencanaan.
- ◆ *Average Annual Daily Traffic* (AADT) atau lalu lintas harian rata – rata tahunan (LHRT), merupakan volume lalu lintas total dalam 1 tahun, dinyatakan dalam satuan kendaraan per hari (kend/hari).
- ◆ *Average Daily Traffic* (ADT), merupakan jumlah volume kendaraan selama beberapa hari tertentu dibagi dengan banyaknya hari tersebut dinyatakan dalam satuan kendaraan (kend/hari).
- ◆ *Rate of Flow*, merupakan nilai ekuivalen dari volume lalu lintas per jam, dihitung dari jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dari suatu jalur atau segmen jalan selama interval waktukurang dari 1 jam, biasanya 15 menit.
- ◆ *Peak Hour Factor*, merupakan perbandingan antara volume lalu lintas per jam pada saat jam puncak dengan $4X$ *rate of flow* pada saat yang sama (jam puncak).
- ◆ *Directional Design Hourly Volume* (DDHV) atau arus jam rencana, merupakan volume lalu lintas per jam dari suatu ruas jalan diperoleh dari penurunan besarnya volume lalu lintas harian rata – rata.

2.5.4 Kapasitas Lalu Lintas

Kapasitas adalah arus maksimum suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan dua lajur dua arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah). Sedangkan untuk jalan dengan banyak lajur arus dipisahkan per arah perjalanan dan kapasitas ditentukan per lajur.

Kapasitas ini dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp). Berikut ini persamaan dasar untuk penentuan kapasitas.

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs}$$

Keterangan :

C = kapasitas (smp/jam)

C_o = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{sp} = faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan yang tak terbagi)

FC_{sf} = faktor penyesuaian penghambat samping dan bahu jalan

FC_{cs} = faktor penyesuaian ukuran kota

2.5.5 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan atau *degree of saturation* (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

Rumus yang digunakan :

$$DS = Q/C$$

Keterangan :

Q = volume kendaraan (smp/jam)

C = kapasitas (smp)

Jika nilai $DS \leq 0,75$ maka jalan tersebut masih layak, tetapi jika $DS \geq 0,75$ maka diperlukan penanganan pada jalan tersebut untuk mengurangi kepadatan.

2.5.6 Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas adalah kecepatan pada saat tingkatan arus nol, sesuai dengan kecepatan yang akan dipilih pengemudi seandainya mengendarai kendaraan bermotor lain di jalan.

Rumus yang digunakan :

$$FV = (FV_o + FV_w) \times FFV_{sf} \times FFV_{cs}$$

Keterangan :

FV = kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada kondisi lapangan (km/jam)

FVo = kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan (km/jam)

FVw = penyesuaian kecepatan untuk lebar jalan

FFVsf = faktor penyesuaian untuk kondisi hambatan samping dan lebar bahan atau jarak

FFVcs = faktor penyesuaian kecepatan untuk ukuran kota.

2.5.7 Kecepatan Tempuh

Kecepatan tempuh (V) didefinisikan sebagai percepatan rata – rata ruang dari kendaraan ringan sepanjang segmen jalan.

Rumus yang digunakan :

$$V = L/TT$$

Keterangan :

V = kecepatan ruang rata – rata kendaraan ringan (km/jam)

L = panjang segmen (km)

TT = waktu tempuh rata – rata dari kendaraan ringan sepanjang segmen (jam)

2.6 Simpang Tak Bersinyal

Persimpangan tak bersinyal adalah perpotongan atau pertemuan pada suatu bidang antara dua atau lebih jalur jalan raya dengan lalu lintas masing – masing, dan pada titik – titik persimpangan tidak dilengkapi dengan lampu sebagai rambu – rambu lalu lintas.

Parameter – parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja suatu simpang tak bersinyal diantaranya :

2.6.1 Geometrik

Geometrik simpang ini meliputi *mayor road* (jalan utama) dan *minor road* (jalan simpang) pada simpangan dengan tiga kaki atau persimpangan dengan empat kaki, lebar kaki simpang, tipe persimpangan dan tipe median pada jalan mayor.

2.6.2 Arus Lalu Lintas

Data arus lalu lintas dihitung untuk setiap masing – masing pergerakan dalam satuan kend/jam, kemudian dikonversikan ke dalam satuan smp/jam menggunakan F_{smp} . Konfersi untuk masing – masing kendaraan yaitu :

- a. Kendaraan ringan (LV) = 1,0
- b. Kendaran berat (HV) = 1,3
- c. Sepeda motor (MC) = 0,25

2.6.3 Kapasitas

Kapasitas simpang merupakan arus lalu lintas maksimum yang dapat melewati suatu simpang.

Kapasitas aktual (smp/jam) dihitung dengan rumus :

$$C = C_o \times F_w \times F_{cs} \times F_{RSU} \times F_{LTX} \times F_{RT} \times F_{MI}$$

Keterangan :

- C = kapasitas (smp/jam)
C_o = kapasitas dasar (smp/jam)
F_w = faktor penyesuaian lebar pendekat
F_M = faktor penyesuaian median jalan utama
F_{cs} = faktor penyesuaian ukuran kota
F_{RSU} = faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan
F_{LTX} = faktor penyesuaian belok kiri
F_{RT} = faktor penyesuaian belok kanan
F_{MI} = faktor penyesuaian arus jalan minor

2.6.4 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan simpang adalah perbandingan antara arus total pada kaki-kaki simpang dengan kapasitas dari suatu simpang.

Derajat kejenuhan (DS) dihitung dengan rumus

$$DS = Q_{tot}/C$$

Keterangan :

Q_{tot} = arus total aktual (smp/jam)

C = kapasitas actual

2.6.5 Perilaku Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal

Perilaku lalu lintas yang terjadi pada suatu persimpangan akan sangat ditentukan oleh arus lalu lintas (Q), derajat kejenuhan (DS). Perilaku lalu lintas yang terjadi umumnya berupa tundaan lalu lintas dan peluang antrian.

Tundaan lalu lintas simpang adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang.

Jenis tundaan simpang diantaranya :

1. Tundaan lalu lintas simpang (DT_I)

Rumus :

$$DT_I = 2 + 8.2078 * DS - (1-DS) * 2; \text{ untuk } DS \leq 0.6$$

$$DT_I = [1.0504 / (0.2742 - 0.2024 * DS)] - (1-DS) * 2; \text{ untuk } DS > 0.6$$

Keterangan :

DT_I = tundaan lalu lintas simpang (det/smp)

DS = derajat kejenuhan

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

Rumus :

$$DT_{MA} = 1.8 + 5.8324 * DS - (1-DS) * 1.8; \text{ untuk } DS \leq 0.6$$

$$DT_{MA} = [1.05034 / (0.346 - 0.246 * DS)] - (1-DS) * 1.8; \text{ untuk } DS > 0.6$$

Keterangan :

DT = tundaan lalu lintas jalan utama (det/smp)

DS = derajat kejenuhan

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

Rumus :

$$DT_{MI} = (Q_{tot} * DT_I - Q_{MA} * DT_{MA}) / Q_{MI}$$

Keterangan :

DT_{MI} = tundaan lalu lintas jalan minor (det/smp)

Q_{tot} = arus total pada simpangan (smp/jam)

DTI = tundaan lalu lintas simpang (det/smp)

QMA = arus lalu lintas total pada jalan mayor (smp/jam)

$DTMA$ = tundaan lalu lintas total pada jalan utama (det/smp)

QMI = arus lalu lintas total pada jalan minor (smp/jam)

4. Tundaan geometrik simpang (DG)

Rumus :

$$DG = (1 - DS) \times (p_T \times 6 + (1 + p_T) \times 3) + DS \times 4 ; \text{ untuk } DS < 1.0$$

$$DG = 4 ; \text{ untuk } DS \geq 1.0$$

Keterangan :

DG = tundaan geometrik simpang (det/smp)

DS = derajat kejenuhan simpang

p_T = rasio belok total

5. Tundaan simpang

Rumus :

$$D_m = DG + DT_1$$

Keterangan :

DG = tundaan geometrik simpang (det/smp)

DT_1 = tundaan lalu lintas simpang (det/smp)

6. Peluang antrian

Rumus :

$$QP \% (\text{batas bawah}) = 9.02 \cdot DS + 20.66 \cdot DS^2 + 10.49 \cdot DS^3$$

$$QP \% (\text{batas atas}) = 47.71 \cdot DS - 24.68 \cdot DS^2 + 56.47 \cdot DS^3$$

Keterangan :

DS = derajat kejenuhan simpang.

2.7 Simpang Bersinyal

Persimpangan ini adalah pertemuan atau perpotongan pada suatu bidang antara dua atau lebih jalur jalan raya dengan lalu lintas masing – masing, pada titik – titik persimpangan dilengkapi dengan rambu lalu lintas.

Parameter – parameter yang digunakan dalam analisa simpang bersinyal adalah :

2.7.1 Kondisi Geometrik

Kondisi geometrik simpang yang paling berpengaruh adalah kondisi lebar pendekat. Pendekat adalah daerah dari suatu lengan persimpangan yang digunakan oleh kendaraan untuk mengantri sebelum melewati garis henti.

Siklus lampu lalu lintas yang digunakan pada suatu persimpangan untuk mengatur urutan dan kombinasi pergerakan dari tiap – tiap arus persimpangan. Fase lalu lintas merupakan bagian dari siklus lampu lalu lintas.

Tipe pendekat, jumlah dan pola fase lampu lalu lintas akan sangat berpengaruh terhadap kapasitas dari kaki simpang (pendekat) yang bersangkutan, yang pada akhirnya akan berpengaruh pada kinerja simpang.

2.7.2 Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas (Q) yang digunakan dalam perhitungan kinerja suatu simpang merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu yang terganggu dihilu pendekat setiap satuan waktu.

2.7.3 Arus Jenuh

Arus jenuh (S) merupakan besarnya keberangkatan antrian yang terbesar didalam suatu pendekat selama waktu yang ditentukan. Satuan yang digunakan adalah smp/jam hijau. Arus jenuh dapat dihitung menggunakan rumus :

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Keterangan :

S	= arus jenuh (smp/jam)
S ₀	= arus jenuh dasar (smp/jam)
F _{CS}	= faktor penyesuaian
F _{SF}	= faktor penyesuaian hambatan samping
F _G	= faktor penyesuaian kelandaian
F _P	= faktor penyesuaian parkir
F _{RT}	= faktor penyesuaian belok kanan
F _{LT}	= laporan penyesuaian belok kanan

2.7.4 Rasio Arus

Rasio arus (FR) merupakan perbandingan antara besarnya arus (Q) dengan arus jenuh (S) dari suatu pendekatan. Rumus yang digunakan :

$$\mathbf{FR = Q/s}$$

Arus kiri (F_{crit}) adalah nilai rasio arus yang terbesar dalam satu fase. Rasio arus simpang (IFR) adalah jumlah rasio arus kritis pada masing – masing fase. IFR dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\mathbf{IFR = \sum (FR_{crit})}$$

Perbandingan antara rasio arus kritis (F_{crit}) dari masing – masing fase dengan arus simpang (IFR) akan menghasilkan rasio fase (PR).

$$\mathbf{PR = (FR_{crit}) / IFR}$$

Keterangan :

IFR = rasio arus simpang

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

2.7.5 Waktu Pengaturan Sinyal

Parameter – parameter yang digunakan dalam perhitungan waktu pengaturan sinyal diantaranya :

1. Fase sinyal

Fase sinyal merupakan bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan – gerakan lalu lintas.

2. Waktu antar hijau (IG)

Waktu antar hijau (IG) merupakan lamanya waktu kuning (*amber timer*) ditambah dengan waktu merah semua (*all red*)

3. Waktu hilang (LTI)

Rumus :

$$LTI = \sum (\text{merah semua} + \text{kuning})I = \sum (IG)i$$

$$LTI = c - \sum g$$

Keterangan :

LTI = waktu hilang (dtk)

IG = waktu antar hijau (dtk)

c = waktu siklus (dtk)

g = waktu hijau (dtk)

4. Waktu merah semua

Rumus :

$$\text{Merah semua } A_1 = \left[\frac{(L_{EV} - I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]$$

Keterangan :

L_{EV} dan L_{AV} = jarak dari garis henti ke titik konflik untuk masing – masing kendaraan yang bergerak maju atau meninggalkan.

I_{EV} = kecepatan masing – masing kendaraan yang bergerak maju atau meninggalkan.

5. Waktu siklus

Rumus :

$$Cua = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - FR)$$

Keterangan :

Cua = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (dtk)

LTI = waktu hilang total per siklus (dtk)

IFR = rasio arus simpang \sum (FRcrit)

6. Waktu hijau (g)

Rumus :

$$g_1 = (c_{ua} - LTI) \times Pr_1$$

Keterangan :

g_1 = tampilan waktu hijau pada fase 1 (dtk)

c_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian (dtk)

LTI = waktu hilang total per siklus (dtk)

Pr_1 = rasio fase $FR_{crit} / \sum (FR_{crit})$

2.7.6 Kapasitas Simpang (C)

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dipertahankan untuk melewati suatu pendekatan.

Rumus :

$$C = S \times g/c$$

Keterangan :

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/ jam)

g = waktu hijau (dtk)

c = waktu siklus yang ditentukan (dtk)

2.7.7 Derajat Kejenuhan

Perbandingan antara arus dengan kapasitas dari suatu pendekatan menunjukkan derajat kejenuhan (DS) dari pendekatan yang ditinjau.

$$DS = Q/C$$

Keterangan :

DS = derajat kejenuhan

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas (smp/jam)

2.7.8 Perilaku Lalu Lintas dengan Lampu Lalu Lintas

Perilaku lalu lintas yang terjadi pada suatu persimpangan akan sangat ditentukan oleh arus lalu lintas (Q), derajat kejenuhan (DS), dan rasio hijau (g/c).

Perilaku lalu lintas yang terjadi umumnya berupa antrian, kendaraan terhenti dan tundaan.

1. Jumlah Antrian

Jumlah rata – rata kendaraan yang antri di suatu pendekat merupakan total dari jumlah rata – rata kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya dan jumlah rata – rata kendaraan yang datang selama fase merah.

2. Kendaraan Terhenti

Angka berhenti masing – masing pendekat didefinisikan sebagai jumlah rata – rata berhenti tiap kendaraan atau smp (termasuk berhenti berulang – ulang dalam antrian sebelum melewati simpang)

3. Tundaan

Tundaan (*delay*) merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui persimpangan apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa adanya persimpangan.

2.8 Pengendalian Perparkiran

Pengendalian parkir adalah hal yang paling penting untuk mengendalikan lalu lintas. Parkir menurut tempatnya dibedakan 2 macam, yaitu :

1. *On street parking* adalah parkir yang dilakukan di tepi – tepi jalan, biasanya menimbulkan kemacetan.
2. *Off street parking* adalah parkir yang dilakukan di luar jalan, biasanya pada gedung atau tempat – tempat parkir yang sudah disediakan.

2.8.1 Kebutuhan Parkir

Untuk mengetahui karakteristik kebutuhan parkir yang ada di suatu kawasan, salah satu pendekatan yang digunakan adalah metode penyediaan kebutuhan parkir. Kebutuhan parkir lebih mudah dikaji secara kuantitatif karena lebih terkait dengan dimensi fisik kendaraan di kawasan studi.

Untuk menghitung kendaraan yang dapat parkir selama beberapa periode waktu tertentu di suatu kawasan, baik parkir diluar jalan maupun di tepi jalan digunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \sum_0^n \frac{(N \times T) \times TR}{D}$$

Keterangan :

P : penyediaan parkir yang ada

N : jumlah ruang parkir

T : waktu yang tersedia dari jumlah ruang

D : rata – rata waktu parkir per mobil (jam / kend)

TR : angka konstanta pergantian parkir (kend / ruang / jam)

Sedangkan rata – rata jangka waktu parkir (D) diperoleh dari hasil survei primer jumlah kendaraan parkir pada tiap – tiap interval waktu pengamatan pada masing – masing segmen yang telah ditentukan. Rumus yang digunakan adalah :

$$D = \sum_0^n \frac{(N_x)(X)(I)}{N_T}$$

Keterangan :

D : rata – rata jangka waktu parkir (jam/kend)

N_x : banyaknya kendaraan parkir dalam x interval

X : jumlah interval parkir

I : jangka interval waktu parkir

N_T : jumlah total kendaraan yang disurvei

Angka pergantian parkir kendaraan (TR) diperoleh dengan cara membagi total jumlah kendaraan yang diparkir di kawasan studi dengan perkalian jumlah ruang parkir yang ada dengan durasi periode studi. Rumus yang digunakan :

$$TR = \frac{N_T}{S \times T_s}$$

Keterangan :

TR = angka pergantian parkir (kend/ruang/jam)

N_T = jumlah total kendaraan yang disurvei

S = jumlah total ruang parkir yang legal

T_s = periode waktu parkir

2.8.2 Pengukuran Parkir

Hal – hal utama dalam pengukuran yang digunakan dalam survei adalah:

1. Akumulasi parkir merupakan jumlah kendaraan yang diparkir di suatu tempat pada waktu tertentu dan dapat dibagi sesuai dengan kategori jenis perjalanan.
2. Volume parkir menyatakan jumlah kendaraan yang termasuk dalam beban parkir (yaitu jumlah kendaraan per periode waktu tertentu, biasanya per hari). Waktu yang digunakan kendaraan untuk parkir, dalam menitan atau jam – jaman, menyatakan lama parkir.
3. Pergantian parkir (*parking turnover*) menunjukkan tingkat penggunaan ruang parkir, dan diperoleh dengan membagi volume parkir dengan luas ruang parkir untuk waktu periode tertentu.
4. Indeks parkir adalah ukuran yang lain untuk menyatakan penggunaan panjang dan dinyatakan dalam prosentase ruang yang ditempati oleh kendaraan parkir pada tiap panjang 6 meter yang tersedia di tepi jalan (secara teoritis).

2.8.3 Parkir di Jalan (*On Street Parking*)

Parkir di jalan merupakan tempat yang paling jelas dan biasanya paling cocok bagi pengemudi untuk memarkir kendaraannya, tempat parkir ini mempunyai beberapa kerugian. Yaitu, arus lalu lintas sepanjang jalan terhambat, yang akhirnya akan menimbulkan kemacetan dan keterlambatan pada seluruh kendaraan.

Peningkatan keterlambatan akibat kecepatan yang lebih rendah, penurunan kapasitas jalan dan peningkatan kecelakaan diakibatkan karena keadaan fisik jalan tersebut, gerakan parkir, gerakan membuka pintu mobil, tingkat pengendara sepeda

motor yang tidak menentu, pejalan kaki yang muncul diantara pengendara parkir dan aktifitas lainnya sehubungan dengan parkir dan kendaraan yang diparkir.

Pada jalan yang mempunyai lebar sekitar 10 meter, dengan arus lalu lintas dua arah yang arusnya tidak melebihi 400 kendaraan/jam, atau pada lalu lintas searah dengan arus kurang dari 600 kendaraan/jam, parkir pada salah satu sisi masih diperbolehkan jika tempat pejalan kaki yang berdekatan dengannya tidak terlalu ramai dan terdapat sedikit pejalan kaki yang menyeberang jalan.

2.8.4 Pengendalian Waktu

Dua faktor yang paling dipertimbangkan dalam penentuan batas waktu lama parkir adalah sifat kegiatan bisnis kawasan sekitarnya dan ukuran kota. Dimana kantor pos, bank, agen koran, toko rokok, dan beberapa tipe kegiatan pembangkit parkir lainnya membutuhkan batas waktu lama parkir 15 atau 20 menit, sedangkan toko serba ada, ruang pameran kendaraan atau perabot dan sebagainya membutuhkan jangka waktu yang lebih lama, sehingga batas waktu lama parkir pun diperlama.

Terdapat dua metode utama untuk mengatasi pengendalian parkir, yaitu meliputi sistem cakram (*disc system*) dan parkir meteran yang diawasi oleh petugas parkir.

Daerah yang diberi tanda parkir terbatas biasanya sepanjang 6 meter, yang mewadahi parkir jangka pendek dan tersedia ruang yang kendaraan tidak boleh parkir. Cara ini menurunkan gangguan terhadap arus lalu lintas dan menghindari kecelakaan yang sering terjadi akibat pejalan kaki berjalan diantara kendaraan parkir yang berhimpitan.

2.8.5 Dimensi Ruang Parkir

Satuan Ruang Parkir (SRP) adalah tempat untuk satu kendaraan. Dimensi ruang parkir menurut Dirjen Perhubungan Darat dipengaruhi oleh :

1. Lebar total kendaraan
2. Panjang total kendaraan
3. Jarak bebas

4. Jarak bebas arah lateral

Penentuan SRP untuk mobil penumpang diklasifikasikan menjadi tiga golongan, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.4 Penentuan Satuan Ruang Parkir (SRP)

No.	Jenis Kendaraan	SRP (m ²)
1.	a.Mobil penumpang untuk golongan I	2,3 x 5,00
	b.Mobil penumpang untuk golongan II	2,5 x 5,00
	c.Mobil penumpang untuk golongan III	3,0 x 5,00
2.	Bus atau Truk	3,4 x 5,00

Sumber : Dinas Perhubungan Darat 1998

Golongan I : karyawan / pekerja kantor, tamu / pengunjung pusat perkantoran, perdagangan, pemerintahan, universitas.

Golongan II : pengunjung tempat olahraga, pusat hiburan / rekreasi, hotel, pusat perdagangan eceran, rumah sakit, bioskop.

Golongan III : orang cacat

2.8.6 Kebutuhan Ruang Gerak

Kebutuhan ruang gerak kendaraan parkir dipengaruhi oleh :

1. Sudut parkir
2. Lebar ruang parkir
3. Ruang parkir
4. Ruang manuver
5. Lebar pengurangan manuver (2,5 m)

Sudut Parkir (n^0)	Lebar ruang parkir	Ruang parkir efektif	Ruang manuver
0	2,3	2,3	3,0
30	2,5	4,5	2,9,
45	2,5	5,1	3,7
60	2,5	5,3	4,6
90	62,5	6,0	5,8

Tabel 2.5 Kebutuhan ruang gerak kendaraan parkir

Sumber : Dirjen Perhubungan Darat 1998

2.8.7 Standar Kebutuhan Ruang Parkir

Standar kebutuhan ruang parkir akan berubah – ubah untuk tiap jenis tempat kegiatan. Hal ini disebabkan antara lain karena perbedaan tipe pelayanan, tairp yang dikenakan, ketersediaan ruang parkir, tingkat kepemilikan kendaraan bermotor dan tingkat pendapatan masyarakat. Dari hasil studi Direktorat Jendral Perhubungan Darat, standar kebutuhan ruang parkir untuk pusat perdagangan disajikan pada tabel berikut :

Tabel 2.6 Kebutuhan SRP di pusat perdagangan

Luas area total (m^2)	10	20	50	100	500	1000	1500	2000
Kebutuhan SRP	59	67	88	125	415	777	1140	1502

Sumber : Dirjen Perhubungan Darat 1998

2.9 Perilaku Lalu Lintas Untuk Bundaran

Perilaku lalu lintas yang terjadi pada suatu bundaran akan sangat ditentukan oleh arus lalu lintas (Q), derajat kejenuhan (DS). Perilaku lalu lintas yang terjadi umumnya berupa tundaan lalu lintas bundaran dan peluang antrian.

Tundaan lalu lintas bundaran adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk bundaran.

Jenis tundaan bundaran diantaranya :

1. Tundaan lalu lintas bagian jalanan (DT)

Rumus :

$$DT = 2 + 2.68982 DS - (1 - DS)^2 ; DS \leq 0.6$$

$$DT = 1 / (0.59186 - 0.52525 DS) - (1 - DS)^2 ; DS > 0.6$$

Keterangan :

DT = tundaan lalu lintas bagian jalan (det/smp)

DS = derajat kejenuhan simpang

2. Tundaan lalu lintas bundaran (DT_r)

Rumus :

$$DT_r = \sum (Q_i * Q_i) / Q_{masuk} ; i = 1 \dots n$$

Keterangan :

DT_r = tundaan lalu lintas bundaran (det/smp)

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

2. Tundaan bundaran (D_r)

Rumus :

$$D_r = DT_r + 4 ; 4 = \text{tundaan geometrik rata - rata}$$

Keterangan :

D_r = tundaan bundaran (det/smp)

DT_r = tundaan lalu lintas bundaran (det/smp)

3. Peluang antrian bundaran

Rumus :

$$Q_{Pr} \% = \text{maks dari } (Q_{pi} \%) ; i = 1 \dots n$$

Keterangan : Q_{Pr} = peluang antrian bundaran