

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Komposisi Lalu Lintas

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik jalan persatuan waktu yang dinyatakan dalam kend/jam, smp/jam, atau LHRT (Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan) (MKJI, 1997, p6).

Ukuran dasar yang digunakan dalam mendefinisikan arus lalu lintas adalah konsentrasi dan kecepatan. Aliran dan volume sering dianggap sama, meskipun istilah aliran lebih cepat menyatakan arus lalu lintas dan mengandung pengertian jumlah kendaraan yang terdapat dalam ruang yang diukur dalam satu interval waktu tertentu. Volume lebih sering terbatas pada suatu jumlah kendaraan yang melewati satu titik dalam ruang selama satu interval waktu tertentu (Hobbs, 1995).

Menurut MKJI (1997) p41 semua arus lalu lintas (per arah dan total) dirubah menjadi satuan mobil penumpang dengan menggunakan ekuivalen mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan yang di kategorikan menjadi 4 (empat) jenis yaitu :

1. kendaraan ringan (LV), yaitu kendaraan bermotor dua as beroda 4 (empat) dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (mobil sedan , mobil penumpang , jeep, oplet, mikro truk, pick up, dan mini bus)
2. kendaraan berat (HV), yaitu kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 m, biasanya beroda lebih dari 4 (empat) (termasuk bis, truk dua as, truk tiga as, dan truk kombinasi)

3. sepeda motor (MC), yaitu kendaraan beroda dua atau tiga
4. kendaraan tak bermotor (UM), yaitu kendaraan dengan roda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan meliputi sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong.

3.2 Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas dihitung berdasarkan data lalu lintas harian rata-rata (LHR) dari tahun-tahun yang lalu. Angka pertumbuhan ini sebetulnya tidak sama untuk setiap tahunnya. Pertumbuhan lalu lintas biasanya dinyatakan dalam % per tahun. Adapun pertumbuhan ini disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut :

1. pertumbuhan lalu lintas normal (*Normal Traffic Growth*), yaitu naiknya jumlah kendaraan yang berada di jalan atau naiknya perjalanan
2. lalu lintas bangkitan (*general raffic*) yang terdiri dari *Diverted Traffic*, yaitu lalu lintas yang merubah rute perjalanan karena alasan tertentu dan *Coverted Traffic*, yaitu lalu lintas yang terjadi karena ada angkutan sebelumnya tidak melewati jalan raya, sekarang melewati jalan raya.
3. *development Traffic* atau *Induce Traffic*, yaitu lalu lintas yang dibutuhkan oleh adanya pembangunan atau perbaikan kendaraan.

Secara singkat dapat dikatakan pertumbuhan lalu lintas pada suatu daerah dapat dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. penambahan penduduk
 pertambahan penduduk pada suatu daerah akan menyebabkan
 pertambahan kebutuhan akan sarana transportasi

2. kondisi sosial ekonomi

semakin baik perokonomian kondisi sosial pada masyarakat maka akan meningkatkan pula jumlah kepemilikan kendaraan sehubungan dengan kebutuhan akan sarana transportasi

3. tata guna lahan

tata guna lahan seperti daerah pertanian, industri, perdagangan, pariwisata, dan lain-lain juga mempengaruhi pertumbuhan lalu lintas.

3.3 Arus Lalu Lintas

Perhitungan dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang, dan sore. Arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan belok kiri (QLT), lurus (QST) dan belok kanan (QRT) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaran penumpang (emp). Arus kendaraan bermotor total dapat dihitung sebagai berikut :

$$QMV = QLV + (QHV \times emp HV) + (QMC \times emp MC) \dots \dots \dots (3.1)$$

dengan

QMV = Arus kendaraan bermotor total

QLV, QLH, dan QMC = Arus lalu lintas tiap tipe kendaraan

emp LV, emp HV, emp MC = Nilai emp untuk tiap kendaraan

Tabel 3.1 Nilai emp Untuk Tiap Kendaraan

| Jenis Kendaraan | emp Untuk Tipe Pendekat: | |
|-----------------------|--------------------------|----------|
| | Terlindung | Terlawan |
| Kendaraan Ringan (LV) | 1,0 | 1,0 |
| Kendaraan Berat (HV) | 1,3 | 1,3 |
| Sepeda Motor (MC) | 0,2 | 0,4 |

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997

Perhitungan rasio belok kiri (PLT) dan rasio belok kanan (PRT) menggunakan persamaan di bawah ini :

$$PLT = \frac{LT(smp / jam)}{Total(smp / jam)} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$PRT = \frac{RT(smp / jam)}{Total(smp / jam)} \dots\dots\dots(3.3)$$

dengan

LT = Arus kendaraan belok kiri

RT = Arus kendaraan belok kanan

Total = Arus kendaraan total

Untuk perhitungan rasio kendaraan tak bermotor PUM dengan membagi arus kendaraan tak bermotor (kend/jam) dengan arus kendaraan bermotor (kend/jam) dengan persamaan dibawah ini :

$$PUM = \frac{QUM (kend. / jam)}{QMV (kend. / jam)} \dots\dots\dots(3.4)$$

dengan

QUM = Arus kendaraan tak bermotor

QMV = Arus kendaraan bermotor

3.4 Penentuan Fase Sinyal

Menurut MKJI (1997) p43 untuk analisa operasioanal dan perencanaan disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau (IG) untuk waktu pengosongan dan waktu hilang (LTI). Waktu antar hijau (IG) adalah periode kuning dan merah semua antar dua fase sinyal yang berurutan (detik). Waktu hilang (LTI) adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap (detik). Waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antar waktu siklus dengan waktu hijau dalam semua fase yang berurutan .

Nilai normal waktu hijau yang digunakan pada analisi perancangan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

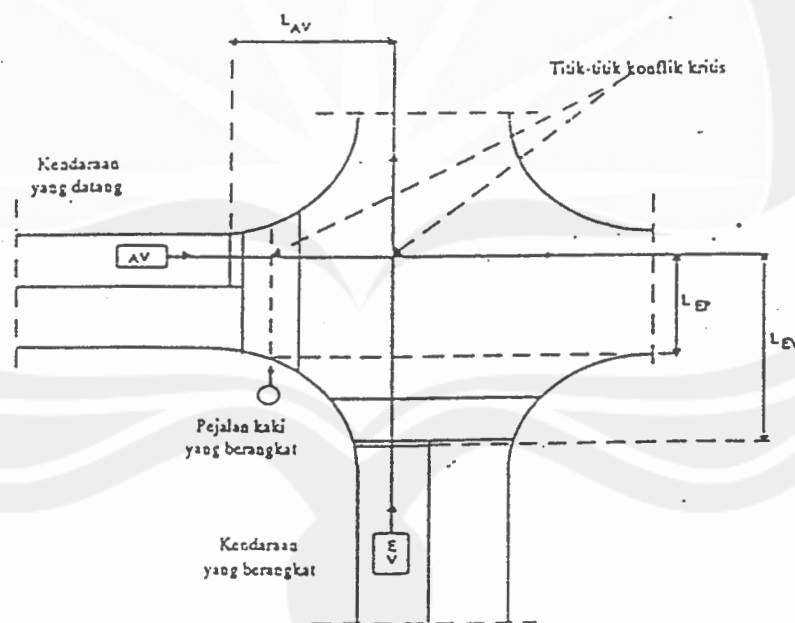
Tabael 3.2 Nilai Normal Waktu Antar Hijau

| Ukuran Simpang | Lebar Jalan Rata-Rata | Nilai Normal Antar Hijau |
|----------------|-----------------------|--------------------------|
| Kecil | 6 – 9 m | 4 detik / fase |
| Sedang | 10 – 14 m | 5 detik / fase |
| Besar | ≥15 m | ≥6detik |

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997 p43

Berdasarkan MKJI (1997) p43 waktu merah semua (*All Red*), adalah waktu dimana sinyal merah menyala bersamaan dalam pendekatan-pendekatan yang dilayani dua fase sinyal yang berurutan (detik). Waktu kuning (amber),

adalah waktu dimana kuning dinyatakan setelah hijau dalam sebuah pendekatan (detik). Perhitungan waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase harus memberikan kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang pertama datang dari fase berikutnya (melewati garis henti pada awal sinyal hijau) pada titik yang sama. Jadi merah semua merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan yang datang (dari garis henti sampai ke titik konflik), dan panjang dari kendaraan yang berangkat dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.1 Titik Konflik Kritis dan Jarak Untuk Keberangkatan dan Kedatangan

Titik konflik kritis pada masing-masing fase adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua terbesar dapat dilihat pada persamaan berikut ini:

$$\text{Merah Semua } i = \left[\frac{(LEV + IEV)}{VEV} - \frac{LAV}{VAV} \right] \dots \dots \dots (3.5)$$

dengan

LEV = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang

IEV = Panjang kendaraan yang berangkat

5 m (untuk LV atau HV)

2 m (untuk MC atau UM)

VEV, VAV = Kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det), dengan nilai:

VAV = 10 m/det (kendaraan bermotor)

VEV = 10 m/det (kendaraan bermotor)

3 m/det (kendaraan tak bermotor)

1,2 m/det (pejalan kaki)

Perhitungan waktu hilang (LTI), dihitung setelah ditetapkan periode merah semua untuk masing-masing akhir fase. Waktu hilang untuk simpang dapat di hitung sebagai jumlah dari waktu-waktu hijau seperti pada persamaan dibawah ini:

$$LTI = \Sigma(\text{merah semua} + \text{kuning})_i = \Sigma IGi \dots \dots \dots (3.6)$$

3.5 Prosedur Perhitungan Tingkat Pelayanan

MKJI (1997) p38 memberikan prosedur untuk perhitungan waktu sinyal, kapasitas dan ukuran kinerja, langkah demi langkah dalam urutan sebagai berikut:

3.5.1 Langkah A : Data masukan

1. A-1 : geometrik pengaturan lalu lintas dan kondisi lalu lintas dan kondisi lingkungan (formulir SIG-I)

a. data umum

b. ukuran kota

c. fase dan waktu sinyal

1. memasukkan data waktu hijau (G)

2. memasukkan data waktu antar hijau (IG)

Masukkan data waktu siklus dan waktu hilang total ($LTI - \Sigma IG$) untuk kasus yang ditinjau (bila ada)

d. belok kiri langsung

e. kondisi lapangan

1. kode pendekat (kolom 1)

2. tipe lingkungan (kolom 2)

3. tingkat hambatan samping (Kolom 3)

4. median (kolom 4)

5. kelandaian (kolom 5)

6. belok kiri langsung (kolom 6)

7. jarak ke kendaraan langsung (kolom 7)

8. lebar pendekat (kolom 8-11)

2. A-2 : kondisi arus lalu lintas (formulir SIG-II)

- a. memasukkan data arus lalu lintas untuk kendaraan bermotor (kend./jam) pada kolom 3,6,9 dan arus kendaraan tak bermotor pada kolom 17.
- b. menghitung arus lalu lintas dalam smp/jam bagi masing-masing jenis kendaraan untuk kondisi terlawan dengan menggunakan emp seperti yang tertera pada tabel 3.1. Kemudian hasilnya dimasukkan ke kolom (4-5), (7-8), (10- 11)
- c. menghitung arus lalu lintas total QMV dalam kend/jam dan smp/jam pada masing-masing pendekat untuk kondisi-kondisi arus berangkat terlindung atau terlawan, kemudian hasilnya dimasukkan ke kolom (12-14). Untuk persamaan arus lalu lintas lihat pada persamaan 3.1
- d. menghitung masing-masing pendekat rasio kendaraan belok kiri (PLT) (persamaan 3.2) dan rasio belok kanan (PRT) (persamaan 3.3)
- e. menghitung kendaraan tak bermotor (PUM) dengan membagi arus kendaraan tak bermotor (QUM) kend/jam pada kolom 17 dengan arus kendaraan bermotor (QMV) kend/ jam pada kolom 12 dan hasilnya dimasukkan pada kolom 18 (lihat persamaan 3.4)

3.5.2 Langkah B : Penggunaan sinyal

1. B-1 : penentuan fase sinyal (formulir SIG-IV)
2. B-2 : waktu antar hijau dan waktu hilang (digunakan untuk perencanaan)
 - a. menentukan waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada setiap akhir fase dan hasil waktu antar hijau (IG) per fase (persamaan 3.5)

- b. menentukan waktu hilang (LTI) sebagai jumlah dari waktu antar hijau per siklus dan hasilnya dimasukkan kedalam kolom 4 pada formulir SIG-IV, lihat persamaan 3.6

3.5.3 Langkah C : Penentuan waktu sinyal

1. C-1 : tipe pendekat (formulir SIG-IV)
 - a. memasukkan identifikasi dari setiap pendekat pada kolom 1
 - b. memasukkan nomor dari fase masing-masing pendekat gerakannya mempunyai nyala hijau pada kolom 2
 - c. menentukan tipe dari setiap pendekat terlindung (P) atau terlawan (O) dengan bantuan C-1:1, lihat MKJI (1997) p45 dan hasilnya dimasukkan pada kolom 3
 - d. membuat sketsa yang menunjukkan arus-arus dengan arahnya dalam smp/jam (dari formulir SIG-II kolom 13-14) pada kotak sudut kiri atas formulir SIG-IV (dipilih hasil yang sesuai untuk kondisi terlindung, tipe P, atau terlawan, tipe O sebagai mana yang tercatat dalam kolom 13)
 - e. memasukkan rasio kendaraan berbelok (PLTOR dan PRT) untuk setiap pendekat (dari formulir SIG-II kolom 15 dan 16) pada kolom 4-6
 - f. memasukkan dari sketsa arus kendaraan belok kanan dalam smp/jam, dalam arahnya sendiri (QTR) pada kolom 7 untuk masing-masing pendekat (dari formulir SIG-II kolom 14)
2. C-2 : lebar pendekat
 - a. menentukan lebar efektif (WE) dari setiap pendekat berdasarkan informasi tentang lebar pendekat (WA), lebar masuk (WENTRY) dan lebar keluar

(WEXIT) dari formulir SIG I (sketsa dan kolom 8-11) dan rasio lalu lintas berbelok, dari formulir SIG-IV kolom 4-6, kemudian hasilnya dimasukkan pada kolom 9 formulir SIG-IV

b. jika $WLTOR \geq 2$ m maka:

1. arus lalu lintas belok kiri langsung (QTOR) dikeluarkan dari perhitungan ($Q = QST + QRT$) dan masukkan hasilnya pada kolom 18
2. lebar keluar diperiksa (hanya untuk penekat tipe P) bila $WEXIT < We \times (1 - PRT)$, sebaiknya We diberi nilai baru sama dengan $WEXIT$ dan analisa selanjutnya untuk pendekat ini dilakukan hanya bagian lalu lintas saja ($Q = QST$) dimasukkan hasilnya pada kolom 18

c. jika $WLTOR < 2$ m, maka :

1. menyertakan arus lalu lintas belok kiri langsung (QLTOR) pada perhitungan selanjutnya.
 2. lebar keluar diperiksa (hanya untuk pendekat tipe P)
3. C-3 : arus jenuh dasar

a. untuk pendekat tipe P (arus terlindung) arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (We) seperti pada persamaan 3.7, dibawah ini :

$$SO = 600 \times We \dots\dots\dots(3.7)$$

dengan

We = Lebar efektif pendekat

b. untuk pendekatan tipe O (arus berangkat terlawan)

So ditentukan dari gambar C-3.2 pada Simpang Bersinyal MKJI 1997 p51 dan dari gambar C-3.3. Simpang Bersinyal MKJI 1997 p51 sebagai fungsi W_e , QRT dan QRTO.

4 C-4 : faktor-faktor penyesuaian

a. menentukan faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar untuk kedua tipe pendekatan P dan O, sebagai berikut :

1. ukuran kota F_{cs} , ditentukan dari tabel dibawah ini kemudian hasilnya dimasukan ke kolom 11:

Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
Pada Simpang Bersinyal

| Penduduk Kota (Juta Jiwa) | Faktor Penyesuaian Ukuran Kota |
|---------------------------|--------------------------------|
| >3,0 | 1,05 |
| 1,0 – 3,0 | 1,00 |
| 0,5 – 1,0 | 0,94 |
| 1,0 – 0,5 | 0,83 |
| <1,0 | 0,82 |

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997 P53

2. faktor penyesuaian hambatan samping F_{SF} , ditentukan pada tabel 3.4 kemudian hasilnya dimasukkan ke kolom 12

Tabel 3.4 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

| Lingkungan jalan | Hambatan samping | Tipe fase | Rasio kendaraan tak bermotor | | | | | |
|------------------------|--------------------------|------------|------------------------------|------|------|------|------|-------|
| | | | 0,00 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | ≥0,25 |
| Komersial (COM) | Tinggi | Terlawan | 0,93 | 0,88 | 0,84 | 0,79 | 0,74 | 0,70 |
| | | Terlindung | 0,93 | 0,91 | 0,88 | 0,87 | 0,85 | 0,81 |
| | Sedang | Terlawan | 0,94 | 0,89 | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,71 |
| | | Terlindung | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,88 | 0,86 | 0,82 |
| | Rendah | Terlawan | 0,95 | 0,90 | 0,86 | 0,81 | 0,76 | 0,72 |
| | | Terlindung | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,89 | 0,87 | 0,83 |
| Pemukiman (RES) | Tinggi | Terlawan | 0,96 | 0,91 | 0,86 | 0,81 | 0,78 | 0,72 |
| | | Terlindung | 0,96 | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,86 | 0,84 |
| | Sedang | Terlawan | 0,97 | 0,92 | 0,87 | 0,82 | 0,79 | 0,73 |
| | | Terlindung | 0,97 | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,87 | 0,85 |
| | Rendah | Terlawan | 0,98 | 0,93 | 0,88 | 0,83 | 0,80 | 0,74 |
| | | Terlindung | 0,98 | 0,96 | 0,94 | 0,91 | 0,88 | 0,86 |
| Akses terbatas (RA) | Tinggi/Sedang/ Rendah | Terlawan | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 |
| | | Terlindung | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,88 |

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997 p53

3. faktor penyesuaian kelandaian F_G , ditentukan dari gambar C-4 : 1 Simpang Bersinyal MKJI 1997 atau lampiran 2 dan hasilnya dimasukkan ke kolom 13 pada formulir SIG-IV
 4. faktor penyesuaian parkir F_P , ditentukan dari gambar C-4 : 2 (lampiran 2) Simpang Bersinyal MKJI 1997 dimasukkan ke kolom 14
- b. menentukan faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar hanya untuk pendekat tipe P, sebagai berikut :
1. faktor penyesuaian belok kanan F_{RT} , ditentukan dari gambar C-4 : 3 (lampiran 2) dan hasilnya dimasukkan ke kolom 15
 2. faktor penyesuaian belok kiri F_{LT} ditentukan dari gambar C-4; 4 (lampiran 2) dan hasilnya dimasukkan pada kolom 16
 3. menghitung nilai arus jenuh S yang disesuaikan dengan rumus :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \dots\dots\dots(3.8)$$

dengan

S_0 = Arus jenuh dasar = $600 \times W_E$

W_E = Lebar efektif pendekat

F_{CS} = Faktor penyesuaian kota

F_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping

F_G = Faktor penyesuaian kelandaian

F_P = Faktor penyesuaian parkir

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

Kemudian hasilnya dimasukkan kekolom 17

5. C-5 : rasio arus rasio arus jenuh

- a. memasukkan arus lalu lintas yang sesuai untuk masing-masing pendekat (Q) dari formulir SIG-II ke kolom 13 (terlindung) atau kolom 14 (terlawan dalam kolom 18 pada formulir SIG-IV)
- b. menghitung rasio arus (FR) untuk masing-masing pendekat dan hasilnya dimasukkan pada kolom 19.

$$FR = Q / S \dots\dots\dots(3.9)$$

dengan

FR = Rasio arus

Q = Arus lalu lintas

S = Arus jenuh

- c. menghitung rasio arus panjang simpang (IFR) dan hasilnya dimasukkan pada kolom 19.

$$IFR = \sum(FR_{crit}) \dots\dots\dots(3.10)$$

dengan

IFR = Rasio arus simpang

$\sum(FR_{crit})$ = Rasio arus simpang

- d. menghitung rasio fase (PR) untuk masing-masing fase sebagai rasio antara FR crit dan IFR dan hasilnya dimasukkan pada kolom 20

$$PR = FR_{crit} / IFR \dots\dots\dots(3.11)$$

dengan

PR = Rasio fase

6. C-6 : waktu siklus dan waktu hijau

- a. memasukkan waktu siklus (c) pada kolom 11 bagian terbawah
- b. memasukkan waktu hijau (g) pada kolom 21

3.5.4 Langkah D : Kapasitas

4. D-1 : kapasitas (formulir SIG-IV)

- a. menghitung kapasitas (C) dari masing-masing pendekat hasilnya dimasukkan pada kolom 22

$$C = S \times g/c \dots\dots\dots(3.12)$$

dengan

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh, yaitu arus berangkat rata-rata dari antrian dalam pendekat dalam sinyal hijau (smp/jam hijau = smp per-jam hijau)

g = Waktu hijau (det)

c = Waktu siklus selang waktu untuk perubahan sinyal yang lengkap

Dimana nilai-nilai untuk S didapat dari kolom 17 , g dari kolom 21 dan c dari kolom 11 bagian terbawah.

- b. menghitung Derajat Kejenuhan (DS) untuk masing-masing pendekat dan hasilnya dimasukkan pada kolom 23.

$$DS = Q / C \dots\dots\dots(3.13)$$

dengan

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu litas

C = Kapasitas

Dimana nilai-nilai untuk Q dan C didapat dari kolom 18 dan 22

2. D-2 : kapasitas untuk perubahan

- a. penambahan lebar pendekat
- b. perubahan fase sinyal
- c. pelarangan gerakan belok kanan

3.5.5 Langkah E : Perilaku lalu lintas

1. E -1 : persiapan (formulir SIG-V)

- a. mengisikan informasi yang di perlukan ke dalam formulir SIG-V
- b. memasukkan kode pendekat ke kolom 1
- c. memasukkan arus lalu lintas (Q smp/jam) untuk masing-masing mendekat pada kolom 2 (dari formulir SIG-IV kolom 18)
- d. masukkan kapasitas (C smp/jam) masing-masing pendekat pada kolom 3 (dari formulir SIG-IV)
- e. memasukkan derajat kejenuhan (DS) masing-masing pendekat pada pada kolom 4 (dari formulir SIG-IV kolom 23)
- f. hitung rasio hijau ($GR = g/c$) masing-masing pendekat dari hasil penyesuaian pada formulir SIG-IV (kolom 11 terbawah dan kolom 21), dan masukkan hasilnya ke kolom 5
- g. masukkan arus total dari seluruh gerakan LTOR dalam smp/jam yang diperoleh sebagai jumlah dari seluruh gerakan LTOR pada formulir SIG-II, kolom 13 (terlindung) dan masukkan hasilnya pada kolom 2 pada baris untuk gerakan LTOR pada formulir SIG-V.

h. masukkan dalam kotak dibawah kolom 2, perbedaan antara arus masuk dan arus keluar (Qadj) pendekat yang lebar keluarnya menentukan lebar efektif pendekat.

2. E-2 : panjang antrian

a. gunakan hasil perhitungan derajat kejenuhan (kolom 5) untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ_1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

1. untuk $DS > 0,5$ maka:

$$NQ_1 = 0.25 \times Cx[(DS - 1) \cdot \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8x(DS - 0.5)}{C}}] \dots (3.14)$$

2. untuk $DS \leq 0,5$ maka:

$$NQ_1 = 0 \dots \dots \dots (3.15)$$

dengan

NQ_1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase sebelumnya

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau

C = Kapasitas (smp/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau ($S \times GR$)

Atau dapat pula menggunakan gambar E-2.1 (lampiran 2) dan masukkan hasilnya pada kolom 6 formulir SIG-IV.

b. menghitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2) dan hasilnya dimasukkan pada kolom 7

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots \dots \dots (3.16)$$

dengan

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau

c = Waktu siklus (det)

Q masuk = Arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)

c. menghitung jumlah kendaraan antri dan hasilnya dimasukkan pada kolom

8

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots \dots \dots (3.17)$$

d. menggunakan gambar E-2 : 2 (lampiran 2) MKJI Simpang Bersinyal 1997

P66 untuk menyesuaikan NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk

terjadinya pembebanan lebih POL (%) dan hasilnya NQ MAX dimasukkan

pada kolom 9. Untuk perancangan dan perencanaan disarankan $POL \leq 0,5$

%, Untuk operasi sutau nilai $POL = 5 - 10\%$ dapat diterima.

e. menghitung panjang antrian QL dengan mengalikan NQ MAX dengan

luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m^2) kemudian dibagi dengan

lebar masuknya dan hasilnya dimaskkkan pada kolom 10.

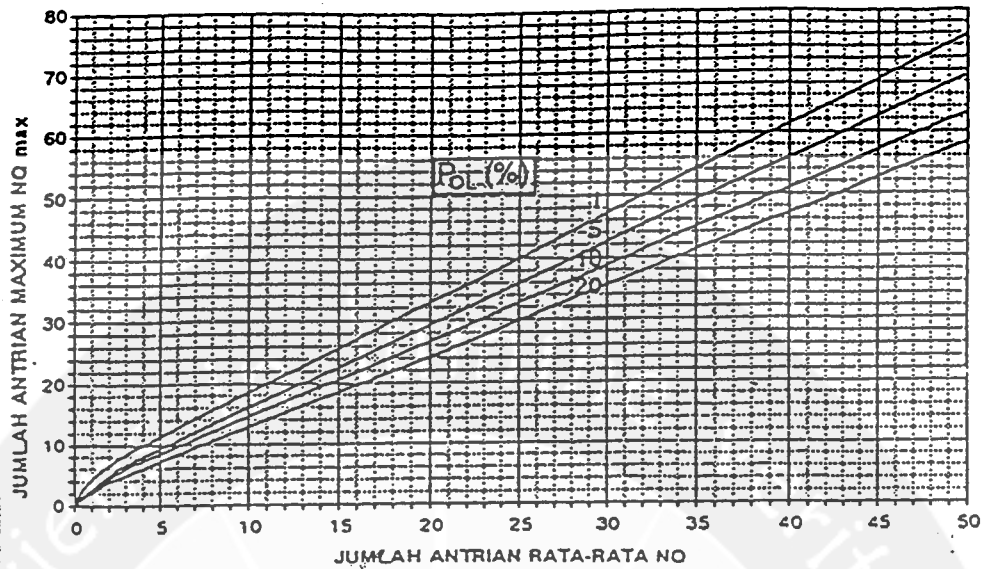
$$QL = \frac{NQMAX \times 20}{W MASUK} \dots \dots \dots (3.18)$$

dengan

QL = Panjang antrian (m)

W MASUK = Lebar masuk (m)

Adapun untuk mencari NQ MAX dapat dicari dengan menggunakan gambar di bawah ini :



Gambar 3.2 Perhitungan Jumlah Antriaan NQ MAX

Sumber : Gambar E - 2 : 2 Simpang Bersinyal MKJI 1997 p66

3. E- 3 : Kendaraan terhenti

a. menghitung laju (NS) untuk masing-masing pendekat didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) dengan rumus :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Qxc} \times 3600 \dots\dots\dots(3.19)$$

dengan

NS = Angka henti

NQ = Jumlah total kendaraan antri

c = Waktu sklus (det)

Q = Arus lalu lintas (SMP/jam)

b. menghitung jumlah kendaraan terhenti (NSV) untuk masing-masing pendekat dan hasilnya dimasukkan pada kolom 12

$$NSV = Q \times NS \dots\dots\dots(3.20)$$

dengan

N_{SV} = Jumlah kendaraan terhenti (smp/jam)

NS = Angka henti

- c. menghitung jumlah rata-rata kendaraan terhenti untuk seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend. /jam dan hasilnya dimasukkan pada kolom 12 bagian bawah

$$NS_{TOT} = \sum NSV / Q_{TOT} \dots\dots\dots(3.21)$$

4. E-4 : tundaan

- a. menghitung tundaan lalu lintas rata-rata (DT) untuk setiap pendekat akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang berdasarkan akcelik (1998) dan dimasukkan hasilnya pada kolom 13

$$DT = (c \times A) + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \dots\dots\dots(3.22)$$

dengan

DT = Tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

$$A = \frac{0,5x(1-GR)^2}{(1-GR \times DS)}$$

DR = Rasio hijau (g/c)

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

- b. menentukan tundaan geometri rata-rata (DG) untuk masing-masing pendekat akibat pengaruh perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang atau ketika oleh lampu merah

$$DG = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \dots \dots \dots (3.23)$$

dengan

DG = Tundaan geometri rata-rata (det/smp)

P_{SV} = Rasio kendaraan berhenti pada pendekatan = Min (NS,1)

P_T = Rasio kendaraan berbelok pada pendekatan (dari formulir SIG-IV)

Masukkan hasilnya pada kolom 14

c. menghitung tundaan geometrik pada gerakan lalu lintas dengan belok kiri langsung (LTOR) sebagai berikut :

1. memasukkan arus total dari gerakan LTOR dalam kolom 2 (dari formulir SIG-II, gerakan terlindung) pada garis khusus untuk keperluan ini

2. memasukkan tundaan geometrik rata-rata = 6 detik pada kolom 14.

d. menghitung tundaan rata-rata (D) sebagai jumlah dari kolom 13 dan 14 dan hasilnya pada kolom 15

e. menghitung tundaan total dalam detik dengan mengalikan tundaan rata-rata (kolom 15) dengan arus lalu lintas (kolom 2) dibagi dengan 3600 dan dimasukkan hasilnya pada kolom 16

f. menghitung tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_1) dengan membagi jumlah nilai tundaan pada kolom 16 dengan arus total (Q_{TOT}) yang dicatat pada bagian bawah kolom 2

$$D_1 = \sum(Q \times D) / \sum Q_{TOT} \dots \dots \dots (3.24)$$

dengan

D_1 = Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang

Q = Arus lalu lintas

D = Tundaan

Masukkan nilai tersebut kedalam kotak paling bawah pada kolom 16

3.6 Penentuan Waktu Sinyal

Menurut MKJI (1997) p13 penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan berdasarkan metode Webster (1996) untuk meminimalkan tundaan total pada suatu simpang. Pertama-tama ditentukan waktu siklus (c), selanjutnya waktu hijau (g) pada masing-masing fase (i) . Fase adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau, dengan kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas (I = indek untuk nomor fase).

3.6.1 Waktu siklus

Waktu siklus adalah waktu untuk ukuran lengkap dan indikasi sinyal. Sebagai contoh, diantara dua saat permulaan hijau yang berurutan didalam pendekatan yang sama dapat digunakan persamaan berikut ini:

$$c = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - \sum FR_{crit}) \dots \dots \dots (3.25)$$

dengan

c = waktu siklus sinyal (detik)

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

FR = Arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)

FR_{crit} = Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat dari suatu fase sinyal

$\Sigma(FR_{crit})$ = Rasio arus simpang = jumlah FR_{crit} dari semua fase pada siklus tersebut

Waktu siklus yang terlalu panjang akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. Jika nilai (FR) mendekati atau lebih dari 1 (satu) maka simpang tersebut adalah lewat jenuh dan rumus tersebut akan menghasilkan nilai waktu siklus yang sangat tinggi atau negatif. Jika perhitungan menghasilkan menghasilkan waktu siklus yang lebih dari yang disarankan, maka hal ini menandakan bahwa kapasitas dari denah tersebut tidak mencukupi, dapat dilihat pada tabel 3.4

Tabel 3.5 Waktu Siklus yang Disarankan

| Tipe pengaturan | Waktu Siklus yang Layak (det) |
|-----------------------|-------------------------------|
| Pengaturan dua fase | 40-80 |
| Pengaturan tiga fase | 50-100 |
| Pengaturan empat fase | 80-130 |

Sumber : Simpang Bersinyal MKJI 1997

3.6.2 Waktu hijau

Menurut MKJI (1997) p14 waktu hijau (g) adalah waktu nyala hijau dalam suatu pendekat (detik).

1. waktu hijau maximum (g max) adalah hijau maksimum yang diijinkan dalam suatu fase untuk kendali lalu lintas aktuasi kendaraan (det) dan
2. waktu hijau minimum (g min) adalah waktu hijau minimum yang diperlukan, (sebagai contoh karena penyeberangan pejalan kaki, det).

Untuk perlindungan waktu hijau ini digunakan persamaan berikut ini :

$$g_i = (cud - LTI) \times PRI \dots \dots \dots (3.26)$$

dengan

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase I(detik)

cud = Waktu siklus ebelum penyesuaian (detik)

PR_i = Rasio fase FR crit / $\Sigma(Frcrit)$

Waktu hijau yang lebih pendek harus dihindari karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan.

3.6.3 Waktu siklus yang disesuaikan

Menurut MKJI (1997) p10 waktu siklus yang disesuaikan (c) dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$C = \Sigma g + LTI \dots \dots \dots (3.27)$$

dengan

Σg =Jumlah waktu hijau yang diperoleh (dibulatkan)(detik)

3.7 Pertumbuhan Penduduk

Dalam mengestimasi jumlah penduduk dimasa yang akan datang digunakan metode garis regresi. Metode garis regresi yang digunakan yaitu (Warpani Suwarjodko,1984 p29):

$$Y_{(t+x)} = a + b (x) \dots \dots \dots (3.28)$$

Dengan

$Y_{(t+x)}$ = Jumlah penduduk tahun ke- n

X = Tambahan tahun dari tahun dasar

a, b = tetapan tahun yang diperoleh dari rumus berikut

$$a = \frac{\sum P \cdot \sum x^2 - \sum X \cdot \sum PX}{N \sum x^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(3.29)$$

$$b = \frac{N \cdot \sum PX - \sum X \cdot \sum P}{N \sum x^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(3.30)$$

dengan

N = Jumlah tahun

P = Jumlah penduduk per tahun

3.8 Pertumbuhan Kendaraan yang Lewat di Persimpangan

Untuk mengestimasi kendaraan yang lewat dipersimpangan dimasa yang akan datang dengan menggunakan garis regresi yaitu sebagai berikut (Warpani Suwarjodko,1984 p29):

$$Y_{(t+x)} = a + b (x) \dots\dots\dots(3.31)$$

Dengan

$Y_{(t+x)}$ = Jumlah penduduk tahun ke- n

X = Tambahan tahun dari tahun dasar

a, b = tetapan tahun yang diperoleh dari rumus berikut

$$a = \frac{\sum P \cdot \sum x^2 - \sum X \cdot \sum PX}{N \sum x^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(3.32)$$

$$b = \frac{N \cdot \sum PX - \sum X \cdot \sum P}{N \sum x^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(3.33)$$

dengan

N = Jumlah tahun

P = Jumlah penduduk per tahun

Setelah jumlah kendaraan yang lewat tahun ke-n diketahui, maka langkah selanjutnya adalah mencari tingkat pertumbuhan selama 3 tahun dan 5 tahun yang akan datang dengan rumus dibawah ini (Warpani Suwardjoko, 1984 p29):

$$P_n = P_o \cdot (1+i)^n \dots\dots\dots(3.34)$$

Dengan

P_n = Jumlah kendaraan yang lewat dipersimpangan tahun ke-n

P_o = Jumlah kendaraan yang lewat persimpangan tahun dasar perhitungan

i = Tingkat pertumbuhan kendaraan yang lewat persimpangan

n = Tahun ke-n