

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Arus Lalulintas

Arus lalulintas yaitu jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada jalan per satuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan/jam ( $Q_{kend}$ ), smp/jam ( $Q_{smp}$ ) atau LHRT (Lalulintas Harian Rata-rata Tahunan).

#### 2.2 Kapasitas Jalan

Menurut HCM 1994, pengertian kapasitas adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati suatu penampang jalan atau ruas jalan yang seragam selama waktu tertentu pada kondisi jalan, lalulintas, dan kontrol yang ada.

Kapasitas suatu ruas jalan dapat dilakukan dengan dua pengukuran yaitu :

1. Pengukuran kuantitas, yaitu pengukuran mengenai kemampuan maksimum suatu ruas jalan atau jalur jalan dalam melayani lalulintas ditinjau dari volume kendaraan yang dapat ditampung oleh jalan tersebut pada kondisi tertentu.

Pengukuran kuantitas dibagi tiga, meliputi :

- a. kapasitas dasar (*basic capacity*) yaitu jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan atau ruas jalan selama satu jam pada kondisi jalan dan lalu lintas yang paling mendekati ideal.
- b. kapasitas yang mungkin (*possible capacity*) yaitu jumlah kendaraan maksimum yang dapat melintasi suatu penampang jalan atau ruas jalan selama satu jam pada kondisi arus lalu lintas yang sedang berlaku pada jalan tersebut.
- c. kapasitas praktis (*practical capacity*) yaitu jumlah kendaraan maksimum yang dapat melintasi suatu penampang jalan atau ruas jalan selama satu jam dengan kepadatan lalu lintas yang cukup besar, yang dapat menyebabkan perlambatan yang berarti bagi kebebasan pengemudi kendaraan melakukan gerakan pada kondisi jalan dan lalu lintas yang berlaku saat itu.

Adapun pengertian kondisi ideal secara umum yaitu :

1. Arus lalu lintas tidak terganggu, bebas dari gangguan samping atau pejalan kaki
2. Arus lalu lintas hanya terdiri dari mobil penumpang
3. Lebar lajur minimal 3,6 meter (12 feet)
4. Lebar bahu jalan minimal 1,8 meter (6 feet)
5. Jalan datar, lapang sedemikian sehingga alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal memenuhi kecepatan 120 km/jam dengan jarak pandangan menyiap yang cukup untuk jalan dua jalur dan tiga jalur.

2. Pengukuran kualitas, yaitu pengukuran mengenai kemampuan maksimum suatu jalan dalam melayani lalu lintas yang dicerminkan oleh kecepatan yang dapat ditempuh serta besarnya tingkat gangguan arus lalu lintas di jalan tersebut.

Pengukuran kualitas tingkat pelayanan melibatkan beberapa faktor, yaitu :

- a. kecepatan dan waktu perjalanan
- b. gangguan lalu lintas
- c. keleluasaan bergerak
- d. keamanan pengemudi terhadap kecelakaan/keselamatan
- e. kenyamanan
- f. biaya operasi kendaraan.

### **2.3 Tingkat Pelayanan ( *Level of Service* )**

Tingkat pelayanan merupakan ukuran kualitas kondisi operasional yang terjadi pada suatu jalan atau jalur jalan sewaktu jalan tersebut melayani berbagai macam volume lalu lintas.

Tujuan pembangunan jalan adalah menampung tuntutan lalu lintas dengan kualitas pelayanan yang dapat diterima, adapun kualitas pelayanan dicerminkan oleh enam faktor pengukur tingkat pelayanan.

### **2.4 Kapasitas dan Tingkat Pelayanan pada Persimpangan**

#### **2.4.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas dan tingkat pelayanan pada persimpangan**

Menurut *Oglesby* dan *Hicks* (1982), yang mempengaruhi kapasitas dan tingkat pelayanan adalah :

1. Kondisi fisik simpang dan operasi, yaitu ukuran atau dimensi lebar jalan, kondisi parkir, dan jumlah jalur.
2. Kondisi lingkungan, yaitu faktor jam sibuk pada persimpangan.
3. Karakteristik gerakan lalu lintas, yaitu gerakan membelok dari kendaraan.
4. Karakteristik lalu lintas kendaraan berat, yaitu jumlah truk dan bus yang melewati persimpangan.

Menurut *Salter* (1980) kapasitas pertemuan jalan sebidang berlampu lalu lintas dipengaruhi dua faktor utama, yaitu :

1. Faktor jalan dan keadaan lingkungan, yang terdiri dari bentuk fisik mulut jalan, terutama lebar jalan, jari-jari lintasan ke kiri dan ke kanan serta kelandaian mulut jalan.
2. Faktor lalu lintas berupa pengaruh berbagai tipe kendaraan terhadap keseluruhan arus lalu lintas pada mulut jalan, diperhitungkan dengan membandingkan terhadap suatu mobil penumpang yang biasanya disebut smp (satuan mobil penumpang).

#### **2.4.2 Kapasitas Persimpangan**

Menurut HCM 1994, kapasitas pendekat persimpangan adalah arus maksimum kendaraan yang dapat melewati persimpangan menurut kontrol yang berlaku, kondisi lalu lintas, kondisi jalan dan kondisi isyarat lampu lalu lintas. Interval waktu yang digunakan untuk analisa kapasitas adalah 15 menit dengan pertimbangan sebagai interval waktu terpendek selama arus stabil. Anggapan

yang dipakai definisi ini adalah bahwa kondisi perkerasan jalan dan cuaca sangat baik.

Kapasitas pada persimpangan didasarkan pada konsep dan angka arus aliran jenuh (*saturation flow*). Angka *saturation flow* didefinisikan sebagai angka maksimum arus yang dapat melewati pendekat persimpangan menurut kontrol lalu lintas yang berlaku (*prevailing*) dan kondisi jalan. *Saturation flow* bernotasi dinyatakan dalam unit kendaraan per jam pada lampu hijau.

### 2.4.3 Tingkat Pelayanan persimpangan

Menurut HCM 1994, tingkat pelayanan pada persimpangan yang menggunakan lampu pengatur lalu lintas dihubungkan dengan lama waktu penundaan (*delay*). *Delay* merupakan ukuran dari kegelisahan pengemudi, tingkat frustrasi pengemudi, kebutuhan bahan bakar kendaraan dan waktu perjalanan yang hilang. Kriteria tingkat pelayanan ditetapkan dalam bentuk rata-rata waktu berhenti (*average stopped delay*) tiap kendaraan dalam periode analisis selama 15 menit.

Menurut HCM 1994, hubungan antara tingkat pelayanan dan waktu tertunda dapat digolongkan dalam beberapa tingkat pelayanan, seperti berikut ini.

#### 1. Tingkat Pelayanan A

Menggambarkan pengoperasian penundaan sangat rendah kurang dari 0,5 detik tiap kendaraan. Hal ini terjadi jika gerak maju kendaraan sangat menguntungkan dan kebanyakan kendaraan yang datang pada fase hijau tidak berhenti sama sekali. Panjang putaran yang terjadi juga dapat mengurangi waktu penundaan.

## 2. Tingkat Pelayanan B

Menggambarkan pengoperasian penundaan sangat rendah dalam interval 5,1 – 15 detik tiap kendaraan. Hal ini terjadi dengan adanya gerak maju kendaraan yang baik atau waktu putar yang pendek dan kendaraan yang berhenti lebih banyak dari tingkat pelayanan A yang menyebabkan tingkat penundaan rata-rata lebih tinggi.

## 3. Tingkat Pelayanan C

Menggambarkan tingkat pengoperasian penundaan yang lebih tinggi dalam interval 15,1 – 25 detik tiap kendaraan. Hal ini disebabkan oleh gerak maju kendaraan yang sedang saja dan panjang putaran yang lama.

## 4. Tingkat Pelayanan D

Menggambarkan pengoperasian dengan penundaan kisaran waktu 25,1 – 40 detik tiap kendaraan. Pengaruh kemacetan sudah terlihat jelas. Penundaan yang lebih lama, mungkin disebabkan oleh kombinasi dari gerak maju yang tidak menguntungkan, waktu putaran yang lama atau perbandingan  $V/C$  yang tinggi. Banyak kendaraan yang berhenti dan sebagian kendaraan yang tidak berhenti jumlahnya menurun serta kegagalan individu mulai terlihat.

## 5. Tingkat Pelayanan E

Menggambarkan pengoperasian dengan penundaan kisaran waktu 40,1 – 60 detik tiap kendaraan dan dianggap sebagai batas penundaan yang dapat diterima. Nilai tersebut menunjukkan gerak maju tiap kendaraan yang tidak baik, waktu putaran yang panjang dan perbandingan  $V/C$  yang tinggi serta kemacetan individual terjadi.

## 6. Tingkat Pelayanan F

Menggambarkan tingkat pengoperasian dengan penundaan lebih dari 60 detik tiap kendaraan. Ini dianggap sebagai penundaan yang tidak dapat diterima oleh pengemudi. Kondisi tersebut sering terjadi bersamaan dengan keadaan terlalu jenuh, yaitu pada saat angka arus kedatangan melebihi kapasitas persimpangan jalan. Hal ini terjadi pada perbandingan  $V/C$  yang lebih dari 1 dengan beberapa kemacetan individual. Gerak maju kendaraan yang tersendat dan waktu putaran yang panjang adalah penyebab utama dari tingkat penundaan yang demikian.

Untuk menetapkan tingkat pelayanan pertemuan jalan berlampu lalu lintas, tak berlampu lalu lintas dan ruas jalan, dapat dilihat pada Tabel 2.1, Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

Tabel 2.1. Kriteria Tingkat Pelayanan Persimpangan Bersinyal

| Tingkat Pelayanan | Waktu Tunggu Kendaraan ( det/kend.) |
|-------------------|-------------------------------------|
| A                 | $\leq 5,0$                          |
| B                 | 5,1 – 15,0                          |
| C                 | 15,1 – 25,0                         |
| D                 | 25,1 – 40,0                         |
| E                 | 40,1 – 60,0                         |
| F                 | $> 60,0$                            |

Sumber : HCM 1994

Tabel 2.2. Kriteria Tingkat Pelayanan Persimpangan Tak Bersinyal

| Tingkat Pelayanan | Waktu Tunggu Kendaraan (det/kend.) |
|-------------------|------------------------------------|
| A                 | $\leq 5,0$                         |
| B                 | 5,1 – 15,0                         |
| C                 | 15,1 – 25,0                        |
| D                 | 25,1 – 40,0                        |
| E                 | 40,1 – 60,0                        |
| F                 | $> 60,0$                           |

Sumber : HCM 1994

Tabel 2.3. Kriteria Tingkat Pelayanan untuk Ruas Jalan

| Tingkat Pelayanan (LOS) | Kecepatan Perjalanan Rata-rata (MPH) |                |                 |
|-------------------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|
|                         | Jalan Kelas I                        | Jalan Kelas II | Jalan Kelas III |
| A                       | $\geq 35$                            | $\geq 30$      | $\geq 25$       |
| B                       | $\geq 28$                            | $\geq 24$      | $\geq 19$       |
| C                       | $\geq 22$                            | $\geq 18$      | $\geq 13$       |
| D                       | $\geq 17$                            | $\geq 14$      | $\geq 9$        |
| E                       | $\geq 13$                            | $\geq 10$      | $\geq 7$        |
| F                       | $< 13$                               | $< 10$         | $< 7$           |

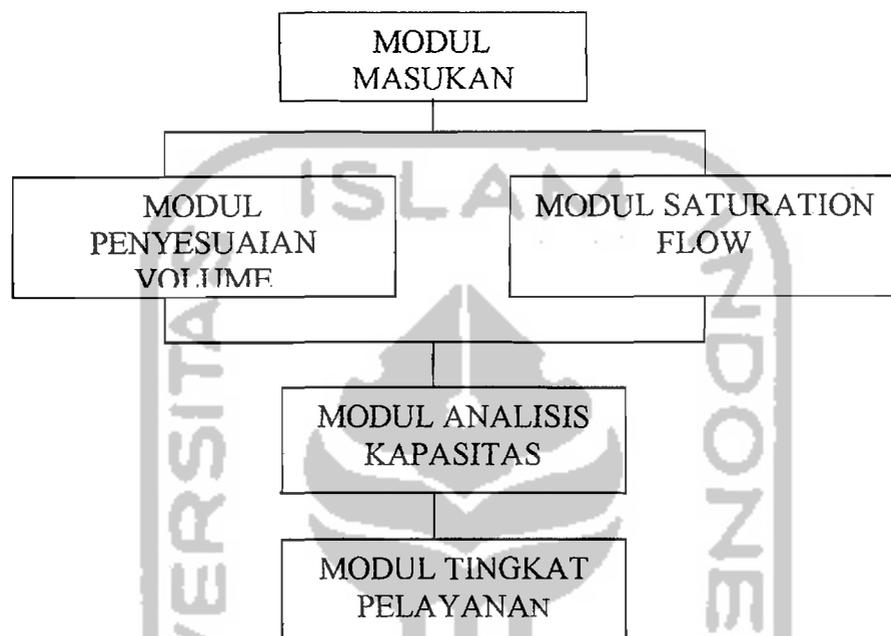
Sumber : HCM 1994

## 2.5 Langkah Penetapan Tingkat Pelayanan Simpang Bersinyal

Dalam menetapkan tingkat pelayanan persimpangan ini digunakan dua tinjauan ( HCM 1994 dan MKJI 1997 ), yaitu :

### 2.5.1. Tinjauan menurut HCM 1994

Tingkat pelayanan persimpangan menurut HCM 1994 menguraikan dalam 5 modul, sesuai dengan Gambar 2.1. sebagai berikut :



Gambar 2.1. Langkah Kerja Penetapan Tingkat Pelayanan Pada Persimpangan  
Sumber : HCM 1994

#### 1. Modul Masukan

Modul ini menggambarkan kondisi geometrik, kondisi lalu lintas dan kondisi isyarat lampu lalu lintas. Parameter dari ketiga kondisi tersebut tercantum dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Parameter dalam Penentuan Tingkat Pelayanan

| Kondisi                     | Parameter                                 | Simbol                  |
|-----------------------------|---|-------------------------|
| 1. Geometrik                | Jenis area ( lokasi )                     | CBD atau lainnya        |
|                             | Jumlah lajur                              | N                       |
|                             | Lebar jalur, ft                           | W                       |
|                             | Kemiringan, %                             | Naik ( + ), turun ( - ) |
|                             | Panjang <i>Storage Bay</i>                | Ls                      |
|                             | Kondisi parkir                            | Y atau N                |
| 2. Lalulintas               | Volume gerakan, ktj                       | $V_i$                   |
|                             | Faktor jam puncak                         | PHF                     |
|                             | % kendaraan berat                         | %HV                     |
|                             | Nilai aliran konflik pejalan kaki, peds/j | PEDS                    |
|                             | Jumlah bus lokal berhenti                 | Nb                      |
|                             | Aktifitas parkir, gerakan parkir/jam      | Nm                      |
|                             | Tipe kedatangan                           |                         |
| 3. Lampu Isyarat Lalulintas | Panjang siklus, detik                     | C                       |
|                             | Waktu hijau, detik                        | $G_i$                   |
|                             | <i>Actuated / premitted</i>               | A atau P                |
|                             | Tombol penyeberangan                      | Y atau N                |
|                             | Hijau minimum penyebrang                  | Gp                      |

Sumber : HCM 1994

Volume kendaraan pada persimpangan dispesifikasikan berdasarkan tiap gerakan pada masing-masing lajur pendekat. Jenis distribusi kendaraan dihitung sebagai persen kendaraan berat ( % HV ) untuk tiap gerakan. Menurut HCM 1994 kendaraan berat adalah kendaraan dengan lebih dari 4 buah roda yang menyentuh lapis perkerasan seperti bus, truk dan mobil gandengan.

Aliran pejalan kaki yang diperhatikan adalah aliran pejalan kaki yang mengganggu kendaraan belok kiri dari pendekat. Misalnya pendekat menghadap ke Barat (*west bound*) memperhatikan arus penyeberang jalan pada bagian Selatan persimpangan.

Aktifitas parkir diukur dalam jumlah gerakan parkir tiap jam sepanjang lajur sampai jarak 250 feet ( 76,2 meter ) dari pertemuan jalan. Jika persimpangan tidak mempunyai tombol pengatur penyeberang ( *pedestrian push button* ), maka waktu hijau minimum untuk pejalan kaki dihitung dengan persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$G_p = 7,0 + ( w/4,0 ) - Y \dots \dots \dots ( 2.1 )$$

dengan :

$G_p$  = Waktu hijau minimum ( detik ),

$w$  = Jarak dari pinggir jalan ke pusat tepi pada jalan yang diseberangi  
Atau jarak paling dekat dengan pulau perlindungan pejalan kaki  
( detik),

$Y$  = Perubahan interval (Waktu kuning + *ALL RED*).

Untuk operasi nyala lampu lalu lintas *actuated* harus mengamati kondisi di lapangan rata-rata panjang siklus dan waktu hijau pada periode yang sama, sedang untuk *pretimed* panjang siklus dan waktu periode tetap.

---

---

Menetapkan tipe kedatangan dimaksudkan untuk mengukur kualitas gerak maju pada pendekat, terdapat enam tipe kedatangan seperti berikut ini.

- a. Tipe 1, merupakan kondisi iring-iringan padat yang datang pada persimpangan saat mulai fase merah. Kondisi ini merupakan kondisi iring-iringan yang paling jelek.
- b. Tipe 2, merupakan kondisi iring-iringan padat yang datang selama pertengahan fase merah. Kondisi ini lebih baik daripada tipe 1, tetapi masih merupakan kondisi iring-iringan yang buruk.
- c. Tipe 3, mewakili kondisi kedatangan kendaraan yang sama sekali sembarang (*random*). Kondisi ini terjadi karena tidak ada koordinasi dengan signal yang berdekatan dan merupakan kondisi rata-rata.
- d. Tipe 4, merupakan kondisi iring-iringan padat yang datang pada saat pertengahan fase hijau, atau iring-iringan kendaraan yang tidak padat datang pada seluruh fase hijau. Ini merupakan kondisi yang baik.
- e. Tipe 5, merupakan kondisi iring-iringan padat yang datang saat mulai fase hijau. Ini merupakan kondisi iring-iringan yang paling baik.
- f. Tipe 6, merupakan perkecualian kualitas gerak maju kendaraan pada pendekat dengan karakteristik gerak maju yang mendekati ideal. Kondisi ini menggambarkan gerakan maju iring-iringan yang sangat jarang.

Untuk menetapkan tipe kedatangan dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Hubungan Antara Tipe Kedatangan dan Rasio iring-iringan

| Tipe kedatangan | Rasio iring-iringan ( Rp ) | Nilai standar ( Rp ) | Kualitas gerak maju pada pendekat |
|-----------------|----------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 1               | < 0,50                     | 0,333                | Paling buruk                      |
| 2               | 0,50 – 0,85                | 0,667                | Buruk                             |
| 3               | 0,85 – 1,15                | 1,000                | Rata-rata                         |
| 4               | 1,15 – 1,50                | 1,333                | Baik                              |
| 5               | 1,50 – 2,00                | 1,667                | Paling baik                       |
| 6               | > 2,00                     | 2,000                | Perkecualian                      |

Sumber : HCM 1994

Adapun untuk menghitung Rasio iring-iringan kendaraan digunakan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$R_p = P(C/g) \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan :

$R_p$  = Rasio iring-iringan kendaraan ,

$P$  = Perbandingan kendaraan dalam gerakan kedatangan dari seluruh volume kelompok lajur saat fase hijau (%), diketahui berdasar hasil pengamatan di lapangan,

$C$  = Panjang siklus ( detik ), dihitung berdasar waktu sinyal, dan

$g$  = waktu hijau efektif untuk gerakan ( detik ), dihitung berdasar waktu sinyal

## 2. Modul Penyesuaian Volume

Dalam modul ini terdapat beberapa langkah sebagai berikut ini.

- a. Menyesuaikan volume menjadi volume arus sibuk.

Volume kendaraan dalam satu jam diubah menjadi dalam tingkat arus sibuk selama 15 menit dengan cara membagi volume kendaraan dengan PHF, persamaan 2.3 adalah :

$$V_p = V/PHF \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan:

$V_p$  = Volume arus sibuk, dalam smp/jam,

$V$  = Volume kendaraan tiap jam, dalam smp/jam, dan

PHF = *Peak Hour Factor* ( faktor jam puncak),

dengan PHF dihitung dengan persamaan 2.4 sebagai berikut ini.

$$PHF = V/(4.V_m) \dots \dots \dots (2.4)$$

dengan :

$V$  = Volume kendaraan 1 jam terpadat, dalam smp, dan

$V_m$  = Volume kendaraan 15 menit terpadat, dalam smp.

b. Menetapkan kelompok lajur (*lane group*)

*Lane group* adalah satu atau lebih lajur pada persimpangan yang melayani satu atau lebih gerakan lalu lintas. Petunjuk untuk menetapkan *lane group* adalah :

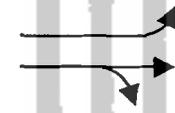
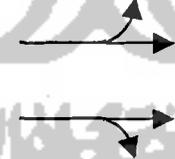
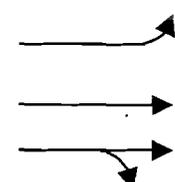
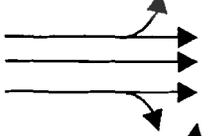
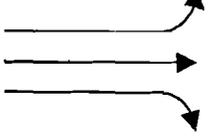
- 1.. Lajur belok eksklusif (*exclusive turn lane*) ditetapkan sebagai kelompok lajur yang terpisah ( lajur khusus )
2. Lajur belok berbagi (*shared lane*) apabila satu kelompok lajur atau lebih dipergunakan untuk dua arah pergerakan yang berbeda tanpa pembagian lajur secara khusus.

3. Kelompok lajur tunggal ( *single lane group* ) yaitu jika dalam phase sama terdapat konflik kendaraan belok kanan dengan kendaraan menerus dari arah berlawanan untuk pendekat dengan lajur lebih dari satu.

Adapun tipe kelompok lajur untuk menganalisis dapat dilihat pada Tabel

2.6. berikut ini.

Tabel 2.6. Tipe Kelompok Lajur

| Jumlah lajur menerus dalam kelompok lajur | Jenis Gerakan pada Lajur   | Kemungkinan Gerakan pada Kelompok Lajur  |
|---|--|--|
| 1   | LT+TH+RT<br>              | 1<br><br>Pendekat dengan lajur tunggal   |
| 2   | EXC LT<br>TH+RT<br>       | 2<br>  |
| 2   | LT+TH<br>TH+RT<br>        | 1<br><br>OR<br>2<br> |
| 3   | EXC LT<br>TH<br>TH+RT<br> | 2<br><br>OR<br>3<br> |

Sumber : HCM 1994

## Keterangan :

EXC LT = Arah pergerakan belok kiri khusus/belok kiri jalan terus

( *Exclusive Left Turn* )

LT = Arah pergerakan belok kiri ( *Left Turn* )

TH = Arah pergerakan lurus ( *Go Through* )

RT = Arah pergerakan belok kanan ( *Right Turn* )

c. Menetapkan penyesuaian distribusi lajur

Jika pada *lane group* terdapat lebih dari 1 lajur maka jumlah arus lalulintas tersebut tidak akan terbagi sama, maka ada lajur yang menerima arus lebih dari lainnya.

Faktor penyesuaian distribusi lajur akan memperlihatkan arus pada lajur terberat tersebut dengan menyesuaikan arus dihitung dengan persamaan 2.5 berikut ini.

$$v = v_g \times U \dots \dots \dots (2.5)$$

.dengan :

v = arus yang telah disesuaikan ( smp/jam )

v<sub>g</sub> = arus yang belum disesuaikan (smp/jam )

U = faktor penggunaan jalan/utilitas, dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.7. Faktor Penggunaan Lajur

| Jumlah lajur menerus dalam <i>group</i> | Faktor Penggunaan lajur U |
|---|---------------------------|
| 1                                       | 1,00                      |
| 2                                       | 1,05                      |
| 3                                       | 1,10                      |

Sumber : HCM 1994.

### 3. Modul Arus Jenuh ( *Saturation Flow* )

Arus Jenuh ( *Saturation Flow* ) adalah arus kendaraan tiap jam yang dapat ditampung *lane group* pada saat lampu hijau. Arus jenuh dihitung pada tiap *lane group* dengan persamaan sebagai berikut :

$$S = S_0 \cdot N \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{RT} \cdot f_u \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan :

- $S$  = angka *saturation flow* pada *lane group* yang dimaksud menurut kontrol yang berlaku
- $S_0$  = *saturation flow* ideal tiap lajur, besarnya 1900 smp/jam lampu hijau tiap lajur
- $N$  = jumlah lajur dalam *lane group*
- $f_w$  = faktor penyesuaian lebar jalur, Tabel 9-5 HCM 1994 berdasar lebar satu jalur
- $f_{hv}$  = faktor penyesuaian kendaraan berat, Tabel 9-6 HCM 1994 berdasar prosentase kendaraan berat yang melintas
- $f_g$  = faktor penyesuaian kemiringan jalan, Tabel 9-7 HCM 1994 berdasarkan kemiringan jalan dalam persen
- $f_p$  = faktor penyesuaian kendaraan parkir, Tabel 9-8 HCM 1994 berdasarkan jumlah gerakan kendaraan yang parkir tiap jam
- $f_{bb}$  = faktor penyesuaian akibat blokade bus, Tabel 9-9 HCM 1994 berdasar jumlah bus yang berhenti tiap jam
- $f_a$  = faktor penyesuaian tipe daerah, Tabel 9-10 HCM 1994 berdasar lokasi persimpangan itu berada

$f_{rt}$  = faktor penyesuaian belok kanan, Tabel 9-12 HCM 1994 (setelah disesuaikan dengan lalulintas kiri)

$f_{lt}$  = faktor penyesuaian belok kiri, Tabel 9-11 HCM 1994 (setelah disesuaikan dengan lalulintas kiri).

Faktor-faktor penyesuaian di atas digunakan untuk menyesuaikan arus jenuh (*saturation flow*) ideal pada kondisi geometrik, kondisi lalulintas dan kontrol yang berlaku. Nilai arus jenuh diharapkan akan sama dengan angka arus jenuh ideal jika kondisi lebar lajur minimum 12 feet (3,7 m), semua kendaraan adalah mobil penumpang, kondisi pendekat persimpangan datar, tidak ada kendaraan parkir, tidak ada pemberhentian bus (*bus blockage*), lokasi persimpangan terletak jauh dari daerah pusat perdagangan (CBD) dan semua kendaraan pada persimpangan bergerak lurus.

Tabel 2.8. Faktor Penyesuaian Lebar Lajur

| Lebar lajur (ft)        | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| faktor lebar lajur (fw) | 0,867 | 0,900 | 0,933 | 0,967 | 1,000 | 1,033 | 1,067 | 1,100 | 1,133 |

Sumber : Tabel 9-5 HCM 1994

Tabel 2.9. Faktor Penyesuaian Kendaraan Berat

| % KENDARAAN BERAT, %HV | FAKTOR KENDARAAN BERAT(Fhv) |
|------------------------|-----------------------------|
| 0                      | 1,000                       |
| 2                      | 0,930                       |
| 4                      | 0,962                       |
| 6                      | 0,943                       |
| 8                      | 0,926                       |
| 10                     | 0,909                       |
| 15                     | 0,870                       |
| 20                     | 0,833                       |
| 25                     | 0,800                       |
| (1)                    | (2)                         |

Tabel 2.9 ( lanjutan )

| (1) | (2)   |
|-----|-------|
| 30  | 0,769 |
| 40  | 0,741 |
| 45  | 0,690 |
| 50  | 0,667 |
| 75  | 0,571 |
| 100 | 0,500 |

Sumber : Tabel 9-6 HCM 1994

Tabel 2.10. Faktor penyesuaian kemiringan jalan

| Kemiringan (%)               | TURUNAN |      |      | DATAR | TANJAKAN |      |      |
|------------------------------|---------|------|------|-------|----------|------|------|
|                              | -6      | -4   | -2   | 0     | +2       | +4   | +6   |
| faktor kemiringan jalan (fg) | 1,03    | 1,02 | 1,01 | 1,00  | 0,99     | 0,98 | 0,97 |

Sumber : Tabel 9-7 HCM 1994

Tabel 2.11. Faktor Penyesuaian Kondisi Parkir (fp)

| JUMLAH LAJUR<br>DALAM<br>KELOMPOK LAJUR | DILARANG<br>PARKIR | JUMLAH MANUEVER PARKIR<br>PER JAM (Nm) |      |      |      |      |
|---|--------------------|--|------|------|------|------|
|   |                    | 0                                      | 10   | 20   | 30   | 40   |
|   |                    | 1                                      | 1,00 | 0,90 | 0,85 | 0,80 |
| 2                                       | 1,00               | 0,95                                   | 0,92 | 0,89 | 0,87 | 0,85 |
| 3                                       | 1,00               | 0,97                                   | 0,95 | 0,93 | 0,91 | 0,89 |

Sumber : Tabel 9-8 HCM 1994

Tabel 2.12. Faktor Penyesuaian Akibat Blokade Bis

| JUMLAH LAJUR DALAM<br>KELOMPOK LAJUR | JUMLAH BIS YANG BERHENTI PER JAM (Nbb) |      |      |      |      |
|--------------------------------------|--|------|------|------|------|
|                                      | 0                                      | 10   | 20   | 30   | 40   |
| 1                                    | 1,00                                   | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 |
| 2                                    | 1,00                                   | 0,98 | 0,96 | 0,94 | 0,92 |
| 3                                    | 1,00                                   | 0,99 | 0,97 | 0,96 | 0,94 |

Sumber : Tabel 9-9 HCM 1994

Tabel 2.13. Faktor Penyesuaian Tipe Daerah

| TIPE DAERAH                           | FAKTOR (fa) |
|---------------------------------------|-------------|
| Pusat perdagangan                     | 0,90        |
| semua daerah selain pusat perdagangan | 1,00        |

Sumber : Tabel 9-10 HCM 1994

Tabel 2.14. Faktor Penyesuaian Belok Kanan

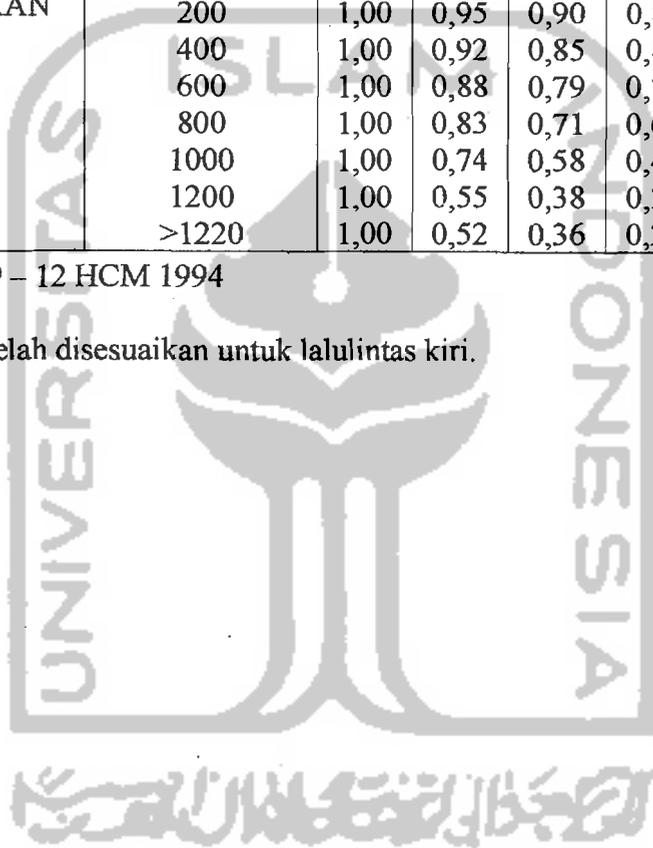
| KASUS | TIPE KELOMPOK LAJUR                           | FAKTOR PENYESUAIAN BELOK KANAN (F <sub>RT</sub> )            |
|-------|---|--|
| 1     | LAJUR BKa KHUSUS FASE TERLINDUNG              | 0,95   |
| 2     | LAJUR BKa KHUSUS FASE DIJINKAN                | PROSEDUR KHUSUS (Gbr 9-17 atau 9-18 HCM 94)                  |
| 3     | LAJUR BKa KHUSUS FASE TERLINDUNG DAN DIJINKAN | KASUS 1 UNTUK FASE TERLINDUNG<br>KASUS 2 UNTUK FASE DIJINKAN |
| 4     | LAJUR BKa BERBAGI FASE TERLINDUNG             | $F_{RT} = 1,0 / (1,0 + 0,05P_{RT})$                          |
|       |   | Proporsi Bka dalam lajur (P <sub>RT</sub> )                  |
|       |   | FAKTOR   |
| 5     | LAJUR BKa BERBAGI FASE DIJINKAN               | PROSEDUR KHUSUS (Gbr. 9-17 atau 9-18)                        |
| (1)   | (2)   | (3)  |

Tabel 2.14 (lanjutan)

| (1) | (2)   | (3)  |                                 |      |      |      |      |
|-----|---|--|---------------------------------|------|------|------|------|
| 6   | LAJUR Bka<br>BERBAGI;<br>FASE<br>TERLINDUNG<br>DAN<br>DILJINKAN | $F_{RT}=(1,400-V_o)/(0,435 V_o)P_{RT} V_o < 1,220 \text{ vph}$ |                                 |      |      |      |      |
|     |   | $F_{RT}=1/(1+4,525 P_{RT}) V_o > 1,22 \text{ vph}$             |                                 |      |      |      |      |
|     |   | Volume lawan<br>$V_o$  | Proporsi. Belok Kanan, $P_{RT}$ |      |      |      |      |
|     |   | 0,00   | 0,20                            | 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 |
|     | 0   | 1,00   | 0,97                            | 0,94 | 0,91 | 0,88 | 0,86 |
|     | 200   | 1,00   | 0,95                            | 0,90 | 0,86 | 0,82 | 0,78 |
|     | 400   | 1,00   | 0,92                            | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,70 |
|     | 600   | 1,00   | 0,88                            | 0,79 | 0,72 | 0,66 | 0,61 |
|     | 800   | 1,00   | 0,83                            | 0,71 | 0,62 | 0,55 | 0,49 |
|     | 1000  | 1,00   | 0,74                            | 0,58 | 0,48 | 0,41 | 0,36 |
|     | 1200  | 1,00   | 0,55                            | 0,38 | 0,29 | 0,24 | 0,20 |
|     | >1220   | 1,00   | 0,52                            | 0,36 | 0,27 | 0,22 | 0,18 |

Sumber : Tabel 9 – 12 HCM 1994

Catatan : Tabel telah disesuaikan untuk lalulintas kiri.



Tabel 2.15. Faktor Penyesuaian Belok Kiri

| KASUS       | TIPE KELOMPOK LAJUR                                | FAKTOR PENYESUAIAN BELOK KIRI ( $f_{LT}$ )   |   |      |      |      |      |      |      |
|-------------|--|--|---|------|------|------|------|------|------|
| 1           | LAJUR Bki KHUSUS ;<br>FASE TERLINDUNG              | 0,85   |   |      |      |      |      |      |      |
| 2           | LAJUR Bki KHUSUS ;<br>FASE DIJINKAN                | $F_{LT} = 0,85 - (Peds/2100)$ peds $\leq 1700$<br>$f_{LT} \leq 0,05$ , pjlK $> 1700$ |   |      |      |      |      |      |      |
|             |  | Jml.konflik pejalan kaki   | 0   | 50   | 100  | 200  | 300  | 400  | 500  |
|             |  | Faktor   | 0,85  | 0,83 | 0,80 | 0,75 | 0,71 | 0,66 | 0,61 |
|             |  | Jml.konflik pejalan kaki   | 600   | 800  | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1700 |
| Faktor      | 0,56   | 0,47   | 0,37  | 0,28 | 0,18 | 0,05 | 0,05 |      |      |
| 3           | LAJUR Bki KHUSUS ;<br>FASE TERLINDUNG DAN DIJINKAN | $FLT = 0,85 - (1 - PLTA) (PJK/2100)$<br>$FLT = 0,05$ (minimum)                       |   |      |      |      |      |      |      |
|             |  | Jml.konflik pejalan kaki   | Prop. Bki dgn fase terlindung ( $P_{RTA}$ ) |      |      |      |      |      |      |
|             |  |  | 0,00  | 0,20 | 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 |      |
|             |  | 0  | 0,85  | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |      |
|             |  | 50   | 0,83  | 0,83 | 0,84 | 0,84 | 0,85 | 0,85 |      |
|             |  | 100  | 0,80  | 0,81 | 0,82 | 0,83 | 0,84 | 0,85 |      |
|             |  | 200  | 0,75  | 0,77 | 0,79 | 0,81 | 0,83 | 0,85 |      |
|             |  | 300  | 0,71  | 0,74 | 0,76 | 0,79 | 0,82 | 0,85 |      |
|             |  | 400  | 0,66  | 0,70 | 0,74 | 0,77 | 0,81 | 0,85 |      |
|             |  | 600  | 0,56  | 0,62 | 0,68 | 0,74 | 0,79 | 0,85 |      |
| 800         | 0,47   | 0,53   | 0,62  | 0,70 | 0,77 | 0,85 |      |      |      |
| 1000        | 0,37   | 0,47   | 0,55  | 0,66 | 0,75 | 0,85 |      |      |      |
| 1400        | 0,18   | 0,32   | 0,47  | 0,58 | 0,72 | 0,85 |      |      |      |
| $\geq 1700$ | 0,05   | 0,20   | 0,36  | 0,53 | 0,69 | 0,85 |      |      |      |
| 4           | LAJUR Bki BERBAGI FASE TERLINDUNG                  | $f_{LT} = 1,0 - 0,15 P_{LT}$   |   |      |      |      |      |      |      |
|             |  | Prop. Bki dalam lajur ( $P_{RT}$ )   | 0,00  | 0,20 | 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 |      |
|             |  | Faktor   | 1,00  | 0,97 | 0,94 | 0,91 | 0,88 | 0,85 |      |
| (1)         | (2)  | (3)  |   |      |      |      |      |      |      |

Tabel 2.15. (lanjutan)

| (1)  | (2)   | (3)   |  |   |      |      |      |      |      |
|------|---|---|--|---|------|------|------|------|------|
| 5    | LAJUR Bki<br>BERBAGI;<br>FASE<br>DIJINKAN                       | $f_{LT}=1,0-P_{RT} [ 0,15+(pjk/2100)]$<br>$f_{LT}=0,05$ (minimum)     |  |   |      |      |      |      |      |
|      |   | Jml.konflik<br>pejalan<br>(peds)                                      | kaki   | Prop. Bki dalam kelompok lajur ( $P_{LT}$ ) |      |      |      |      |      |
|      |   |   |  | 0,00  | 0,20 | 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 |
|      |   | 0   |  | 1,00  | 0,97 | 0,94 | 0,91 | 0,88 | 0,85 |
|      |   | 50  |  | 1,00  | 0,97 | 0,93 | 0,90 | 0,86 | 0,83 |
|      |   | 100   |  | 1,00  | 0,96 | 0,92 | 0,89 | 0,84 | 0,80 |
|      |   | 200   |  | 1,00  | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,80 |
|      |   | 300   |  | 1,00  | 0,93 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 |
|      |   | 400   |  | 1,00  | 0,93 | 0,86 | 0,80 | 0,73 | 0,66 |
|      |   | 600   |  | 1,00  | 0,91 | 0,83 | 0,74 | 0,65 | 0,56 |
|      |   | 800   |  | 1,00  | 0,89 | 0,79 | 0,68 | 0,58 | 0,47 |
|      |   | 1000  |  | 1,00  | 0,87 | 0,75 | 0,62 | 0,50 | 0,37 |
|      |   | 1400  |  | 1,00  | 0,84 | 0,67 | 0,51 | 0,35 | 0,18 |
| 1400 |   | 1,00  | 0,81   | 0,62  | 0,42 | 0,23 | 0,05 |      |      |
| 6    | LAJUR Bki<br>BERBAGI<br>FASE<br>TERLIN-<br>DUNG DAN<br>DIJINKAN | $f_{LT}=1,0-P_{LT} [0,15+(pjk/2100)(1-P)]$<br>$f_{LT}=0,05$ (minimum) |  |   |      |      |      |      |      |
|      |   | Prop.<br>Bki<br>dgn<br>fase<br>terlin-<br>dung                        | Jml.<br>konflik<br>pejalan<br>kaki<br>(peds) | prop.dalam kelompok lajur ( $P_{LT}$ )      |      |      |      |      |      |
|      |   |   |  | 0,00  | 0,02 | 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 |
|      |   | 0,00  | semua  | Sama seperti kasus 5                        |      |      |      |      |      |
|      |   | 0,20  | 0  | 1,00  | 0,97 | 0,94 | 0,91 | 0,88 | 0,85 |
|      |   |   | 50   | 1,00  | 0,97 | 0,93 | 0,90 | 0,86 | 0,83 |
|      |   |   | 200  | 1,00  | 0,95 | 0,91 | 0,86 | 0,82 | 0,77 |
|      |   |   | 400  | 1,00  | 0,94 | 0,88 | 0,82 | 0,76 | 0,70 |
|      |   |   | 600  | 1,00  | 0,92 | 0,85 | 0,77 | 0,70 | 0,62 |
|      |   |   | 1000   | 1,00  | 0,89 | 0,79 | 0,86 | 0,58 | 0,47 |
|      |   |   | 1400   | 1,00  | 0,86 | 0,73 | 0,59 | 0,45 | 0,32 |
|      |   |   | 1700   | 1,00  | 0,81 | 0,62 | 0,42 | 0,23 | 0,20 |
|      |   | 0,40  | 0  | 1,00  | 0,97 | 0,94 | 0,91 | 0,88 | 0,85 |
|      |   |   | 50   | 1,00  | 0,97 | 0,94 | 0,91 | 0,87 | 0,84 |
|      |   |   | 200  | 1,00  | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,79 |
|      |   |   | 400  | 1,00  | 0,95 | 0,89 | 0,84 | 0,79 | 0,74 |
|      |   |   | 600  | 1,00  | 0,94 | 0,87 | 0,81 | 0,74 | 0,68 |
|      |   |   | 1000   | 1,00  | 0,91 | 0,83 | 0,74 | 0,65 | 0,56 |
|      |   |   | 1400   | 1,00  | 0,89 | 0,78 | 0,67 | 0,56 | 0,45 |
|      |   |   | 1700   | 1,00  | 0,87 | 0,75 | 0,62 | 0,49 | 0,36 |

Tabel 2.15 (lanjutan)

| (1) | (2)                                       | (3)  |                        |   |  |      |      |      |      |  |
|-----|---|------|------------------------|---|--|------|------|------|------|--|
|     |   | 0,60 | 0                      | 1,00  | 0,97                                       | 0,94 | 0,91 | 0,89 | 0,85 |  |
|     |   |      | 50                     | 1,00  | 0,97                                       | 0,94 | 0,90 | 0,87 | 0,84 |  |
|     |   |      | 200                    | 1,00  | 0,96                                       | 0,92 | 0,89 | 0,85 | 0,81 |  |
|     |   |      | 400                    | 1,00  | 0,95                                       | 0,93 | 0,86 | 0,82 | 0,77 |  |
|     |   |      | 600                    | 1,00  | 0,94                                       | 0,89 | 0,84 | 0,79 | 0,74 |  |
|     |   |      | 1000                   | 1,00  | 0,93                                       | 0,86 | 0,80 | 0,73 | 0,66 |  |
|     |   |      | 1400                   | 1,00  | 0,92                                       | 0,83 | 0,75 | 0,67 | 0,58 |  |
|     |   |      | ≥,1700                 | 1,00  | 0,91                                       | 0,81 | 0,72 | 0,62 | 0,53 |  |
|     |   | 0,80 | 0                      | 1,00  | 0,97                                       | 0,94 | 0,91 | 0,88 | 0,85 |  |
|     |   |      | 50                     | 1,00  | 0,97                                       | 0,94 | 0,91 | 0,88 | 0,85 |  |
|     |   |      | 200                    | 1,00  | 0,97                                       | 0,93 | 0,90 | 0,86 | 0,83 |  |
|     |   |      | 400                    | 1,00  | 0,96                                       | 0,92 | 0,89 | 0,85 | 0,81 |  |
|     |   |      | 600                    | 1,00  | 0,96                                       | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,79 |  |
|     |   |      | 1000                   | 1,00  | 0,95                                       | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 |  |
|     |   |      | 1400                   | 1,00  | 0,95                                       | 0,89 | 0,83 | 0,77 | 0,72 |  |
|     |   |      | ≥,1700                 | 1,00  | 0,94                                       | 0,89 | 0,81 | 0,73 | 0,69 |  |
|     |   | 1,00 | semua                  | Sama seperti kasus 4  |  |      |      |      |      |  |
|     |   | 7    | PENDEKAT LAJUR TUNGGAL | $f_{LT} = 0,90 - P_{RT}[0,135 + (p)lk/2100]$<br>$f_{LT} = 0,05$ ( minimum ) |  |      |      |      |      |  |
|     |   |      |                        | Jml. konflik pejalan kaki (peds)  | Prop.Bki dalam kelompok lajur ( $P_{LT}$ ) |      |      |      |      |  |
|     | 0   | 0,00 |                        | 0,20  | 0,40                                       | 0,60 | 0,80 | 1,00 |      |  |
|     | 50 (rendah)                               | 1,00 |                        | 0,87  | 0,85                                       | 0,82 | 0,79 | 0,77 |      |  |
|     | 100                                       | 1,00 |                        | 0,87  | 0,84                                       | 0,81 | 0,77 | 0,74 |      |  |
|     | 200 (sedang)                              | 1,00 |                        | 0,98  | 0,83                                       | 0,79 | 0,76 | 0,72 |      |  |
|     | 300                                       | 1,00 |                        | 0,86  | 0,81                                       | 0,77 | 0,72 | 0,68 |      |  |
|     | 400 (tinggi)                              | 1,00 |                        | 0,85  | 0,79                                       | 0,74 | 0,69 | 0,64 |      |  |
|     | 600                                       | 1,00 |                        | 0,84  | 0,78                                       | 0,72 | 0,65 | 0,59 |      |  |
|     | 800                                       | 1,00 |                        | 0,82  | 0,74                                       | 0,66 | 0,59 | 0,51 |      |  |
|     | 1000                                      | 1,00 |                        | 0,80  | 0,71                                       | 0,61 | 0,52 | 0,42 |      |  |
|     | 1200                                      | 1,00 |                        | 0,79  | 0,67                                       | 0,56 | 0,45 | 0,34 |      |  |
|     | 1400                                      | 1,00 |                        | 0,77  | 0,64                                       | 0,51 | 0,38 | 0,25 |      |  |
|     | ≥ 1700                                    | 1,00 |                        | 0,75  | 0,61                                       | 0,46 | 0,31 | 0,16 |      |  |
| 8   | LAJUR Bki KHUSUS GANDA ; FASE TERLIN-DUNG | 0,75 |                        |   |  |      |      |      |      |  |

Sumber : HCM 1994

Tabel 2.16. Ekuivalensi Kendaraan Menerus ( $E_{LT}$ ) untuk Belok Kiri Diiijinkan

| Jml. Total Fase Sinyal | Tipe Lajur Belok Kiri | Jumlah Lajur Melawan | Arus Melawan ( $V_o$ ) |      |     |      |      |      |             |
|------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|------|-----|------|------|------|-------------|
|                        |                       |                      | 0                      | 200  | 400 | 600  | 800  | 1000 | $\geq 1200$ |
| 2                      | Berbagi               | 1                    | 1,05                   | 2,0  | 3,3 | 6,5  | 16,0 | 16,0 | 16,0        |
|                        |                       | 2                    | 1,05                   | 1,9  | 2,6 | 3,6  | 6,0  | 16,0 | 16,0        |
|                        |                       | $\geq 3$             | 1,05                   | 1,8  | 2,5 | 3,4  | 4,5  | 6,0  | 16,0        |
|                        | Khusus                | 1                    | 1,05                   | 1,7  | 2,6 | 4,7  | 10,4 | 10,4 | 10,4        |
|                        |                       | 2                    | 1,05                   | 1,6  | 2,2 | 2,9  | 4,1  | 6,2  | 10,4        |
|                        |                       | $\geq 3$             | 1,05                   | 1,6  | 2,1 | 2,8  | 3,6  | 4,8  | 10,4        |
| Lebih dari 2           | Berbagi               | 1                    | 1,05                   | 2,2  | 4,5 | 11,0 | 11,0 | 11,0 | 11,0        |
|                        |                       | 2                    | 1,05                   | 2,0  | 3,1 | 4,7  | 11,0 | 11,0 | 11,0        |
|                        |                       | $\geq 3$             | 1,05                   | 2,0  | 2,9 | 4,2  | 6,0  | 11,0 | 11,0        |
|                        | Khusus                | 1                    | 1,05                   | 1,8  | 3,3 | 8,2  | 8,2  | 8,2  | 8,2         |
|                        |                       | 2                    | 1,05                   | 1,05 | 2,4 | 3,6  | 5,9  | 8,2  | 8,2         |
|                        |                       | $\geq 3$             | 1,05                   | 1,05 | 2,4 | 3,3  | 4,6  | 6,8  | 8,2         |

Sumber : HCM 1994

#### 4. Modul Analisis Kapasitas

Modul Analisis Kapasitas terbagi dalam langkah-langkah sebagai berikut ini.

- a. Menghitung perbandingan arus ( *Flow Ratio* ), yaitu dengan membagi pada modul penyesuaian volume dengan yang terdapat pada modul *saturation flow*.
- b. Menghitung kapasitas tiap kelompok lajur ( *lane group* ) dengan persamaan 2.7 berikut :

$$C_i = s_i \times (g/C)_i \dots \dots \dots (2.7)$$

dengan :

$C_i$  = kapasitas lane group i

$s_i$  = angka *saturation flow* pada lane group i

$(g/C)_i$  = *green ratio* pada lane group i

- c. Menghitung nilai  $x$  pada tiap lane group, yaitu :  $(v/c)$ .
- d. Menentukan kelompok lajur ( *lane group* ) kritis, yaitu kelompok lajur dengan rasio arus  $(v/s)$  tertinggi pada tiap fase atau kumpulan fase.
- e. Mendapatkan nilai  $v/c$  kritis persimpangan dengan persamaan 2.8 berikut :

$$X_c = \sum (v/s)_i \cdot C_i / (C - L) \dots \dots \dots (2.8)$$

dengan :

$X_c$  =  $v/c$  kritis untuk persimpangan

$C$  = panjang siklus, dalam satuan detik

$\sum (v/s)_i$  = jumlah *lane group* kritis

$L$  = Waktu hilang ( *lost time* ) total tiap siklus yang dihitung sebagai jumlah waktu hilang akibat *start* awal kendaraan ( *start-up* ) dan perubahan interval.

## 5. Modul Tingkat Pelayanan

Dalam modul ini waktu berhenti rata-rata (*average stopped delay*) tiap kendaraan dihitung untuk tiap kelompok lajur, kemudian dirata-ratakan pada tiap pendekat dan akhirnya dirata-ratakan untuk persimpangan. Penetapan tingkat pelayanan pada persimpangan ini berhubungan langsung dengan waktu tunggu (*delay*) untuk tiap kelompok lajur dihitung berdasarkan persamaan 2.9 – 2.11.

$$D = (d_1 \cdot DF) + d_2 \dots \dots \dots (2.9)$$

$$d_1 = 0,38 C \frac{(1 - g/c)^2}{[1 - (g/c)(x)]} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$d_2 = 173 x^2 \{ (x - 1) + \sqrt{[(x - 1)^2 + (mx/c)]} \} \dots \dots \dots (2.11)$$

dengan :

$d$  = waktu berhenti rata-rata kendaraan untuk masing-masing *lane group*, dalam satuan detik/kendaraan

$d_1$  = bentuk pertama waktu tunggu (*delay*).

$d_2$  = bentuk kedua waktu tunggu (*delay*)

$C$  = waktu siklus, dalam satuan detik

$g/C$  = perbandingan waktu hijau efektif dengan panjang siklus.

$x$  =  $v/c$  rasio untuk kelompok lajur (*lane group*)

$DF$  = Faktor penundaan (Tabel 2.14)

$m$  = Faktor kalibrasi penambahan *delay* (Tabel 2.14).

$c$  = Kapasitas dari *lane group*

Bentuk pertama dari  $d_1$  untuk menghitung keseragaman waktu penundaan (*uniform delay*), yaitu waktu tunggu yang terjadi jika kendaraan datang ke arah kelompok lajur yang dimaksud berdistribusi seragam setiap saat. Bentuk kedua

dari  $d_2$ , menghitung penambahan waktu tunggu untuk kedatangan sembarang diatas kedatangan seragam dan untuk penambahan waktu tunggu karena kegagalan pengaturan isyarat lampu ( *individual cycle failures* ).

Kasus terbanyak kedatangan biasanya tidak sembarang melainkan beriringan akibat hasil pengaturan lampu lalu lintas sebelumnya ( *signal progression* ) dan faktor lain, maka waktu tunggu ( *delay* ) yang diperoleh harus dikalikan dengan faktor penggerakan ( *progression factor* ) pada Tabel 2.17.



Tabel 2.17. Faktor Penyesuaian Tundaan Seragam ( DF )

| FAKTOR PENYESUAIAN TIPE PENGONTROL (CF)   |                                      |        |        |        |        |        |
|---|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TIPE PENGONTROL   | PERSIMPANGAN<br>TAK<br>TERKOORDINASI |        |        |        |        |        |
| Pretimed<br>(no traffic – actuated lane group)  | 1,00                                 |        |        |        |        |        |
| Semiactuated :<br>Traffic – actuated lane groups  | 0,85                                 |        |        |        |        |        |
| Nonactuated lane groups   | 0,85                                 |        |        |        |        |        |
| Fully actuated<br>(all lane groups traffic – actuated)  | 0,85                                 |        |        |        |        |        |
| PF terhitung di bawah<br>1,00<br>PF terhitung di bawah<br>Diperlakukan sebagai<br>semi actuated |                                      |        |        |        |        |        |
| FAKTOR PENYESUAIAN PENGGERAKAN ( PF )   |                                      |        |        |        |        |        |
| $PF = (1 - P) fp / (1 - g/C)$ ( Lihat Catatan )   |                                      |        |        |        |        |        |
| RASIO HIJAU (g/C)   | TIPE KEDATANGAN ( AT )               |        |        |        |        |        |
|   | AT - 1                               | AT - 2 | AT - 3 | AT - 4 | AT - 5 | AT - 6 |
| 0,20  | 1,167                                | 1,007  | 1,000  | 1,000  | 0,833  | 0,750  |
| 0,30  | 1,286                                | 1,063  | 1,000  | 0,986  | 0,714  | 0,571  |
| 0,40  | 1,445                                | 1,136  | 1,000  | 0,895  | 0,555  | 0,333  |
| 0,50  | 1,667                                | 1,240  | 1,000  | 0,767  | 0,333  | 0,000  |
| 0,60  | 2,001                                | 1,395  | 1,000  | 0,576  | 0,000  | 0,000  |
| 0,70  | 2,556                                | 1,653  | 1,000  | 0,256  | 0,000  | 0,000  |
| Default, fp   | 1,00                                 | 0,93   | 1,00   | 1,15   | 1,00   | 1,00   |
| Default, Rp   | 0,333                                | 0,667  | 1,000  | 1,333  | 1,667  | 2,000  |
| Kalibrasi tundaan<br>tambahan, m  | 8                                    | 12     | 16     | 12     | 8      | 4      |

Sumber : Tabel 9 – 13 HCM 1994

Keterangan :

1. Tabel di atas berdasar pada nilai *default* (  $f_p$  dan  $R_p$  )
2.  $P = R_p \cdot g/C, (P \leq 1)$
3.  $P_F \leq 1$  untuk tipe kedatangan 3 – 6

Waktu tertunda ( *delay* ) tiap pendekat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.12 berikut ini.

$$d_A = \sum d_i \cdot v_i / \sum v_i \dots \dots \dots (2.12)$$

dengan :

- $d_A$  = waktu tunda ( *delay* ) pada pendekat A,
- $d_i$  = waktu tunda ( *delay* ) pada *lane group* i, dan
- $v_i$  = arus telah disesuaikan pada *lane group* i.

Waktu tunda ( *delay* ) untuk persimpangan dihitung dengan persamaan

2.13 berikut ini.

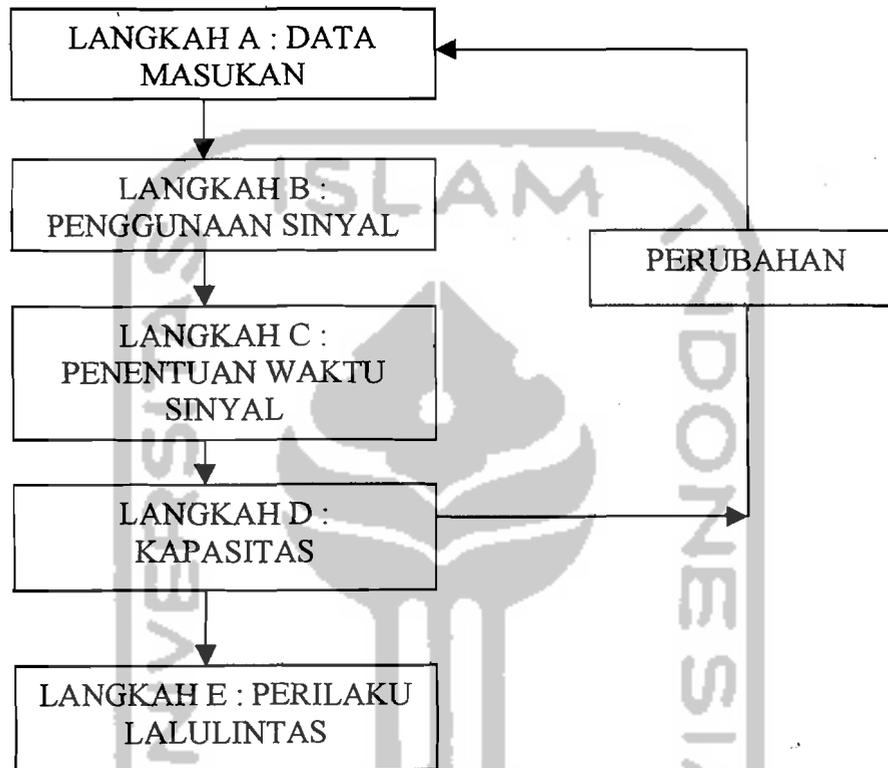
$$d_c = \sum d_A \cdot v_A / \sum v_A \dots \dots \dots (2.13)$$

dengan :

- $d_c$  = *delay* rata-rata tiap kendaraan pada persimpangan,
- $v_A$  = arus yang telah disesuaikan untuk pendekat A.

### 2.5.2. Tinjauan Menurut MKJI 1997

Dalam menetapkan tingkat pelayanan persimpangan ini MKJI 1997 menguraikan 5 langkah, sesuai dengan Gambar 2.2 sebagai berikut :



Gambar 2.2. Langkah Kerja Penetapan Tingkat Pelayanan Pada Persimpangan  
Sumber : MKJI 1997

#### 1. Langkah A : Data Masukan

Langkah ini menggambarkan kondisi geometri, pengaturan lalulintas, kondisi lingkungan dan kondisi arus lalulintas. Parameter dari keempat kondisi tersebut tercantum dalam Tabel 2.18.

Tabel 2.18. Parameter dalam penentuan Tingkat Pelayanan

| Kondisi                  | Parameter                       | Simbol       |
|--------------------------|---------------------------------|--------------|
| 1. Geometrik             | Lebar pendekat ( m )            | $W_A$        |
|                          | Lebar masuk ( m )               | $W_{MASUK}$  |
|                          | Lebar keluar ( m )              | $W_{KELUAR}$ |
|                          | Lebar efektif ( m )             | $W_E$        |
|                          | Jarak ( m )                     | $L$          |
|                          | Landai jalan ( +/- % )          | GRAD         |
| 2. Pengaturan lalulintas | Waktu siklus ( det )            | $C$          |
|                          | Waktu hijau ( det )             | $G$          |
|                          | Rasio hijau ( $GR = g/C$ )      | GR           |
|                          | Waktu merah semua ( det )       | ALL-RED      |
|                          | Waktu kuning ( det )            | AMBER        |
|                          | Waktu hilang ( det )            | LTI          |
| 3. Lingkungan            | Komersial                       | COM          |
|                          | Pemukiman                       | RES          |
|                          | Akses terbatas                  | RA           |
|                          | Ukuran kota                     | CS           |
|                          | Hambatan samping                | SF           |
| 4. Arus lalulintas       | Belok kiri                      | LT           |
|                          | Belok kiri langsung             | LTOR         |
|                          | Lurus                           | ST           |
|                          | Belok kanan                     | RT           |
|                          | Arus jenuh ( smp/jam hijau )    | $S$          |
|                          | Kapasitas ( kend/jam, smp/jam ) | $C$          |
|                          | Rasio arus ( $Q/S$ )            | FR           |
|                          | Antrian ( kend smp )            | NQ           |

Sumber : MKJI 1997

## 2. Langkah B : Penggunaan Sinyal

Dalam langkah penggunaan sinyal terdapat dua langkah, yaitu :

### a. Fase sinyal

Jika jumlah dan jenis fase sinyal tidak diketahui, maka pengaturan dengan dua fase sebaiknya digunakan sebagai kasus dasar. Pemisahan gerakan-gerakan belok kanan biasanya hanya dapat dipertimbangkan kalau suatu gerakan membelok melebihi 200 smp/jam.

### b. Waktu antar hijau dan waktu hilang

Waktu antar hijau sebaiknya ditentukan dengan menggunakan metodologi yang diuraikan pada langkah B – 2. Pada analisa yang dilakukan bagi keperluan perancangan, waktu antar hijau berikut ( kuning + merah semua ) dapat dianggap sebagai nilai normal.

Tabel 2.19. Waktu antar hijau

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

Sumber : MKJI 1997

Sedangkan untuk waktu hilang ( LTI ) ditentukan oleh jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap ( detik ) atau dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan.

### 3. Langkah C : Penentuan Waktu Sinyal

Pada langkah penentuan waktu sinyal terdapat enam faktor, yaitu :

#### a. Tipe pendekat

Merupakan daerah suatu lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti. ( Bila gerakan lalulintas ke kiri atau ke kanan dipisahkan dengan pulau lalulintas, sebuah lengan persimpangan jalan dapat mempunyai dua pendekat).

#### b. Lebar pendekat efektif

Merupakan lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan dalam perhitungan kapasitas ( yaitu dengan pertimbangan terhadap  $W_A$ ,  $W_{MASUK}$ ,  $W_{KELUAR}$  dan gerakan lalulintas membelok; m ).

#### c. Arus jenuh dasar

Yaitu besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal ( smp/jam hijau ), dengan persamaan 2.14 berikut ini.

$$S_0 = 600 \times W_e \dots \dots \dots (2.14)$$

dengan :

$S_0$  = arus jenuh dasar, dalam smp/jam hijau.

$W_e$  = lebar efektif pendekat, dalam m.

#### d. Faktor – faktor penyesuaian

Merupakan faktor koreksi untuk penyesuaian dari nilai ideal ke nilai sebenarnya dari suatu variabel. Faktor –faktor penyesuaian ini meliputi :

1) Faktor penyesuaian ukuran kota, Tabel C – 4 : 3

2) Faktor Penyesuaian hambatan samping, Tabel C – 4 : 4

3) Faktor penyesuaian kelandaian, Tabel C – 4 : 1

4) Faktor penyesuaian parkir, dengan persamaan 2.15 berikut ini.

$$F_p = [ L_p/3 - ( W_A - 2 ) \times L_p/3 - g ] / W_A ] / g \dots\dots\dots ( 2.15 )$$

dengan :

$L_p$  = jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama ( m )

$W_A$  = lebar pendekat ( m )

$g$  = waktu hijau pendekat ( nilai normal 26 detik )

5) Faktor penyesuaian belok kanan, dengan persamaan 2.16 berikut ini.

$$F_{RT} = 1.0 + P_{RT} \times 0,26 \dots\dots\dots ( 2.16 )$$

dengan :

$P_{RT}$  = rasio kendaraan belok kanan.

6) Faktor penyesuaian belok kiri, dengan persamaan 2.17 berikut ini.

$$F_{LT} = 1.0 - P_{LT} \times 0,16 \dots\dots\dots ( 2.17 )$$

dengan :

$P_{LT}$  = rasio belok kiri.

e. Rasio arus/arus jenuh

Merupakan rasio arus terhadap arus jenuh (  $Q / S$  ) dari suatu pendekat.

Rasio arus (  $FR$  ) dihitung dengan persamaan 2.18 berikut ini.

$$FR = Q / S \dots\dots\dots ( 2.18 )$$

dengan :

$Q$  = arus lalu lintas, dalam smp/jam

$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$  smp/jam hijau

dengan :

- S = arus jenuh  
 $S_0$  = arus jenuh dasar  
 $F_{CS}$  = faktor penyesuaian ukuran 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.

f. Waktu siklus dan waktu hijau

Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan berdasarkan metode *Webster* ( 1996 ) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Pertama – tama ditentukan waktu siklus ( c ), waktu hijau (  $g_i$  ), pada masing-masing fase ( I ) sebagai berikut :

1) Persamaan Waktu Siklus

$$c_{ua} = ( 1,5 \times LTI + 5 ) / ( 1 - \sum FR_{crit} ) \dots \dots \dots ( 2.19 )$$

dengan :

- $c_{ua}$  = 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 pendekatan yang berangkat pada suatu fase sinyal

$\Sigma ( FR_{crit} ) =$  rasio arus simpang, sama dengan jumlah  $FR_{crit}$

dari semua fase pada siklus tersebut

## 2) Persamaan Waktu Hijau

$$g_i = ( c - LTI ) \times FR_{crit} / \Sigma( FR_{crit} ) \dots \dots \dots ( 2.20 )$$

dengan :

$g_i =$  tampilan waktu hijau pada fase i ( detik )

## 4. Langkah D : Kapasitas

Pada langkah kapasitas ini terdapat penentuan kapasitas masing-masing pendekat dan pembahasan mengenai perubahan-perubahan yang harus dilakukan jika kapasitas tidak mencukupi.

### a. Kapasitas dan derajat kejenuhan

- 1) Kapasitas merupakan arus lalulintas maksimum yang dapat dipertahankan.

Dapat dihitung dengan persamaan 2.21 berikut ini.

$$C = S \times g/c \dots \dots \dots (2.21)$$

dengan :

C = kapasitas, dalam smp/jam

S = arus jenuh, dalam smp/jam hijau

$g/c$  = rasio hijau

2) Derajat kejenuhan merupakan rasio dari arus lalulintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat dapat dihitung dengan persamaan 2.22 berikut ini .

$$DS = Q/C \dots \dots \dots ( 2.22 )$$

dengan :

$Q$  = arus lalulintas

$C = S \times g/c$

b. Keperluan untuk perubahan

Jika waktu siklus yang dihitung pada langkah waktu siklus dan waktu hijau lebih besar dari batas atas yang disarankan pada bagian yang sama, derajat kejenuhan ( DS ) umumnya juga lebih tinggi dari 0,85. Ini berarti bahwa simpang tersebut mendekati lewat jenuh, yang akan menyebabkan antrian panjang pada kondisi lalulintas puncak. Kemungkinan untuk menambah kapasitas simpang melalui salah satu dari tindakan berikut, oleh karenanya harus dipertimbangkan :

1) Penambahan lebar pendekat

Jika mungkin untuk menambah lebar pendekat, pengaruh terbaik dari tindakan seperti ini akan diperoleh jika pelebaran dilakukan pada pendekat-pendekat dengan nilai FR kritis tertinggi.

2) Perubahan fase sinyal

Jika pendekat dengan arus berangkat terlawan dan rasio belok kanan tinggi menunjukkan nilai FR kritis yang tinggi (  $FR > 0,8$  ), suatu

rencana fase alternatif dengan fase terpisah untuk lalu lintas belok kanan mungkin akan sesuai. Penerapan fase terpisah untuk lalu lintas belok kanan mungkin harus disertai dengan tindakan pelebaran juga.

3) Pelarangan gerakan-gerakan belok kanan

4) Pelarangan bagi satu atau lebih gerakan belok kanan biasanya menaikkan kapasitas, terutama jika hal itu menyebabkan pengurangan jumlah fase yang diperlukan. Walaupun demikian perancangan manajemen lalu lintas yang tepat perlu untuk memastikan agar perjalanan oleh gerakan belok kanan yang akan dilarang tersebut dapat diselesaikan tanpa jalan pengalih yang terlalu panjang dan mengganggu simpang yang berdekatan.

5. Langkah E : Perilaku Lalu lintas

Dalam langkah ini terdiri dari 4 langkah, yaitu :

a. Persiapan

Perhitungan dikerjakan dengan menggunakan formulir SIG-V.

b. Panjang antrian

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau ( $NQ$ ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya ( $NQ_1$ ) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah ( $NQ_2$ ).

Dengan persamaan 2.23 - 2.25.

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \frac{[(DS-1) \sqrt{(DS-1)^2 + 8 \times (DS-0,5)}]}{C} \dots \dots \dots (2.23)$$

Jika  $DS > 0,5$  ; selain dari itu  $NQ_1 = 0$

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots \dots \dots (2.24)$$

dimana :

$NQ_1$  = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

$NQ_2$  = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

c = waktu siklus (det)

C = kapasitas (smp/jam)

Panjang antrian (QL) diperoleh dari perkalian (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp ( $20 \text{ m}^2$ ) dan pembagian dengan lebar masuk

$$QL = NQ \max \times \frac{20}{W_{\text{masuk}}} \dots \dots \dots (2.25)$$

c. Kendaraan terhenti

1). Angka henti (NS) yaitu jumlah berhenti rata-rata per kendaraan ( termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang, dihitung dengan

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots \dots \dots (2.26)$$

dimana :

C = waktu siklus (det)

Q = arus lalu lintas (smp/jam) dari pendekat yang ditinjau

2). Jumlah kendaraan berhenti

Jumlah kendaraan terhenti (NSV) dihitung pada masing-masing pendekat.

$$NSV = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots(2.27)$$

d. Tundaan

1). Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal :

a. Tundaan lalulintas (DT) karena interaksi lalulintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang yang dihitung dengan persamaan :

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} \times \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \dots\dots\dots(2.28)$$

dengan :

- DT = tundaan lalulintas rata-rata pada pendekat (det/smp)
- GR = rasio hijau (g/c)
- DS = derajat kejenuhan
- C = kapasitas (smp/jam)
- NQ<sub>1</sub> = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

b. Tundaan geometri (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan atau terhenti karena lampu merah.

Dihitung dengan persamaan 2.29 berikut ini :

$$DG = (1-P_{sv}) \times PT + (P_{sv} \times 4) \dots\dots\dots(2.29)$$

dengan :

DG = tundaan geometri rata-rata pendekat j (det/smp)



$P_{sv}$  = rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

$P_T$  = rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

2) Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat  $j$  dihitung dengan persamaan :

$$D_j = DT_j + DG_j \dots\dots\dots(2.30)$$

dengan :

$D_j$  = tundaan rata-rata untuk pendekat  $j$  (det/smp)

$DT_j$  = tundaan lalulintas rata-rata untuk pendekat  $j$   
(det/smp)

$DG_j$  = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat  $j$   
(det/smp).

## 2.6. Langkah Penetapan Tingkat Pelayanan Simpang Tak Bersinyal

### 2.6.1 Penentuan kapasitas

Pada kapasitas tak berlampu lalulintas yang perlu diperhatikan disini adalah faktor yang dapat mempengaruhi besar kecilnya kapasitas total pada seluruh lengan simpang. Adapun variabel - variabel masukan untuk perkiraan kapasitas (smp/jam) dengan menggunakan model tersebut adalah seperti pada Tabel 2.20 berikut ini.

Tabel 2.20. Ringkasan variabel - variabel masukan model kapasitas

| Tipe variabel | Uraian variabel dan nama masukan        | Faktor model |
|---------------|---|--------------|
| Geometri      | Tipe simpang IT                         |              |
|               | Lebar rata rata pendekat $W_i$          | $F_w$        |
|               | Tipe median jalan utama M               | FM           |
| Lingkungan    | Kelas ukuran kota CS                    | $F_{CS}$     |
|               | Tipe lingkungan jalan RE                |              |
|               | Hambatan samping SF                     |              |
|               | Rasio kendaraan tak bermotor $P_{UM}$   | $F_{RSU}$    |
| Lalulintas    | Rasio belok kiri $P_{LT}$               | $F_{LT}$     |
|               | Rasio belok kanan $P_{RT}$              | $F_{RT}$     |
|               | Rasio arus jalan minor $Q_{LT}/Q_{TOT}$ | $F_{MI}$     |

Sumber : Tabel 2-1:1 Simpang Tak Bersinyal MKJI'97

Arus lalulintas yang digunakan dalam analisis kapasitas simpang dipakai arus lalulintas yang paling padat per jam dari keseluruhan gerakan kendaraan. Arus kendaraan total adalah kendaraan per jam untuk masing-masing gerakan dihitung dengan persen (%) kendaraan konversi, yaitu mobil penumpang. Arus total dalam smp/jam untuk masing-masing gerakan dihitung dengan rumus :

$$Q_{SMP} = Q_{KEND} \times F_{SMP} \dots \dots \dots (2.31)$$

dengan :

$Q_{SMP}$  = arus total pada persimpangan (smp/jam)

$Q_{KEND}$  = arus pada masing-masing simpang (smp/jam)

$F_{SMP}$  = faktor smp

$F_{SMP}$  didapatkan dari perkalian emp dengan komposisi arus lalulintas kendaraan bermotor dan tak bermotor.

$$F_{SMP} = ( LV\% \times emp_{LV} + HV\% \times emp_{HV} + MC\% \times emp_{MC} ) / 100 \dots \dots \dots (2.32)$$

Menurut MKJI, nilai smp yang merupakan nilai permanen dari berbagai volume kendaraan yang terlebih dahulu dikalikan dengan faktor konversinya yaitu emp. Faktor konversi ini merupakan perbandingan berbagai jenis kendaraan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya terhadap perilaku lalulintas. Besarnya nilai konversi seperti pada Tabel 2.21 berikut ini.

Tabel 2.21. Nilai emp kendaraan pada simpang tak bersinyal

| Jenis Kendaraan                        | Nilai Konversi |
|--|----------------|
| Berat ( <i>Heavy Vehicle</i> )         | 1,3            |
| Ringan ( <i>Light Vehicle</i> )        | 1,0            |
| Sepeda Motor ( <i>Motor Cycle</i> )    | 0,5            |
| Tak Bermotor ( <i>Un Motor Cycle</i> ) | 1,0            |

Sumber : Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997

Nilai arus lalulintas yang diberikan dalam LHRT (Lalulintas Harian Rata-rata Tahunan) didapatkan dari hasil konversi kend/jam menjadi smp/jam, dengan terlebih dahulu mengalikannya dengan faktor smp ( $F_{SMP}$ ).

$$Q_{DH} = k \times LHRT \dots \dots \dots (2.33)$$

dengan :

$Q_{DH}$  = arus total rata-rata per tahun (smp/jam)

k = faktor pengali ke dalam LHRT

LHRT = Lalulintas Harian Rata-rata Tahunan

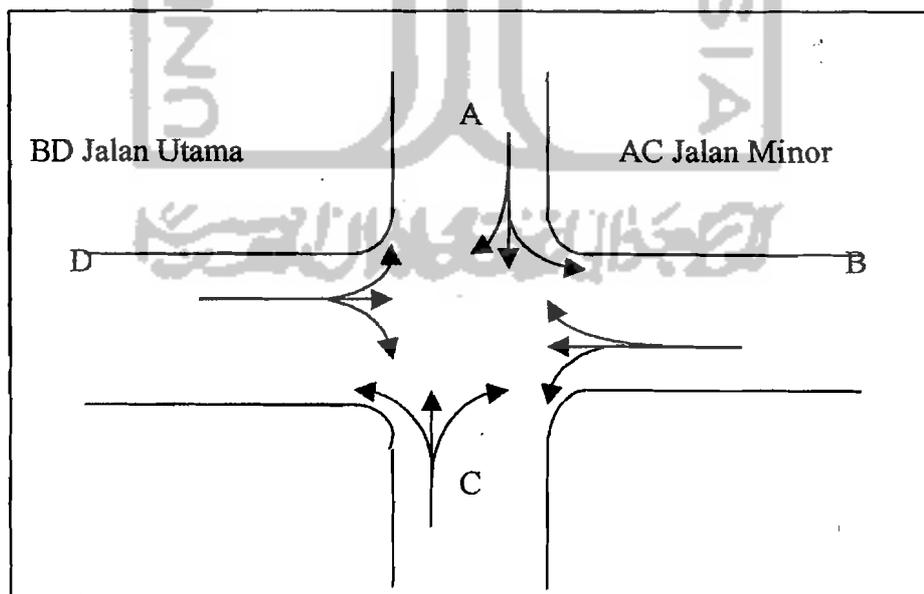
Nilai normal dari faktor k secara umum didapatkan dari Tabel MKJI 1997 seperti tercantum pada Tabel 2.22 berikut ini.

Tabel 2.22. Nilai normal faktor k

| Lingkungan Jalan                           | Faktor-k ukuran kota |                 |
|--|----------------------|-----------------|
|  | Jumlah Penduduk      | Jumlah Penduduk |
|  | > 1 juta             | < 1 juta        |
| Jalan di daerah komersial dan jalan arteri | 0.07 – 0.08          | 0.08 – 0.01     |
| Jalan di daerah pemukiman                  | 0.08 – 0.09          | 0.09 – 0.12     |

Sumber : Tabel A-2:1 Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997

Data masukan lain yang diperlukan untuk analisis adalah perhitungan rasio belok dan rasio arus jalan. Rasio ini dihitung dengan perumusan sebagai berikut ini.



Sumber : Gambar A-2:2 Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997

Gambar 2.3. Variabel arus lalulintas

$$P_{LT} = \frac{Q_{LT}}{Q_{TOT}} = \frac{A_{LT} - B_{LT} - C_{LT} - D_{LT}}{A - B - C - D} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$P_{LT} = \frac{Q_{LT}}{Q_{TOT}} = \frac{A_{LT} + B_{RT} + C_{RT} + D_{RT}}{A + B + C + D} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$P_{LT} = \frac{Q_{LT}}{Q_{TOT}} = \frac{A + C}{A + B + C + D} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$Q_{TOT} = A + B + C + D \dots\dots\dots(2.37)$$

dengan:

$P_{RT}$  = rasio belok kanan

$P_{LT}$  = rasio belok kiri

$P_{MI}$  = rasio arus jalan minor

A,B,C,D menunjukkan arus lalu lintas dalam smp/jam

Parameter geometrik berikut diperlukan untuk analisis kapasitas adalah sebagai berikut ini.

a. Lebar pendekat (W)

Lebar pendekat diukur pada jarak 10 m dari garis imajiner yang menghubungkan tepi perkerasan dari jalan yang berpotongan, yang dianggap mewakili lebar pendekat efektif untuk masing-masing pendekat. dengan mengasumsikan ruas jalan A, C sebagai pendekat mayor, dan B,D sebagai pendekat minor (lihat gambar 3.2), maka lebar masing-masing pendekat adalah  $W_A, W_B, W_C, W_D$ , untuk perhitungannya:

$$W_{AC} = (W_A + W_C) / 2 \dots\dots\dots (2.38)$$

$$W_{BD} = (W_B + W_D) / 2 \dots\dots\dots (2.39)$$

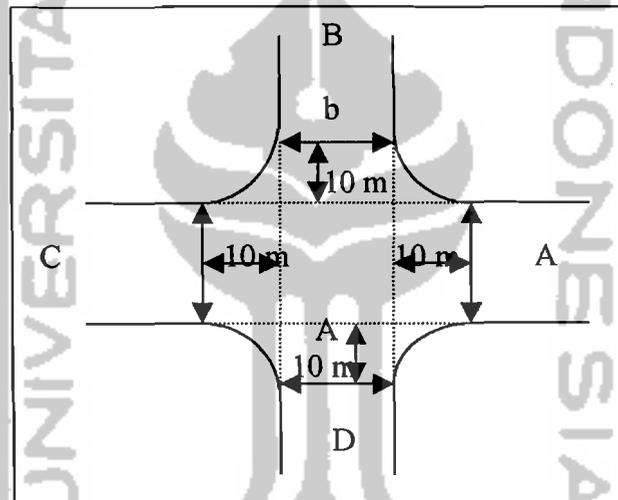
$$W_I = (W_A + W_C + W_B + W_D) / 2 \dots\dots\dots (2.40)$$

dengan:  $W_A = a/2$  (m)

$W_B = b/2$  (m)

$W_C = c/2$  (m)

$W_D = d/2$  (m)



Sumber: Gambar B-1:1 Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997

Gambar 2.4. Lebar rata-rata pendekat

b. Jumlah lajur

Jumlah lajur dalam perhitungan kapasitas ini ditentukan dari lebar rata-rata pendekat jalan minor maupun jalan mayor.

Tabel 2.23. Hubungan lebar pendekat dengan jumlah lajur

| Lebar rata-rata pendekat minor dan mayor, $W_{BD}, W_{AC}$ (m) | Jumlah lajur (total untuk kedua arah) |
|--|---------------------------------------|
| $W_{BD} = (b/2 + d/2) / 2 < 5.5$                               | 2                                     |
| $\geq 5.5$   | 4                                     |
| $W_{AC} = (a/2 + c/2) / 2 < 5.5$                               | 2                                     |
| $\geq 5.5$   | 4                                     |

Sumber : Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997

c. Tipe simpang (IT)

Tipe simpang diklasifikasikan berdasarkan jumlah lengan, jumlah lajur jalan mayor dan minor.

Tabel 2.24. Kode Tipe Simpang

| Kode (IT) | Jumlah lengan simpang | Jumlah lajur jalan minor | Jumlah lajur jalan utama |
|-----------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 322       | 3                     | 2                        | 2                        |
| 324       | 3                     | 2                        | 4                        |
| 342       | 3                     | 4                        | 2                        |
| 422       | 4                     | 2                        | 2                        |
| 424       | 4                     | 2                        | 4                        |

Sumber : Tabel B-1:1 Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997

Data masukan untuk penentuan kapasitas adalah sebagai berikut ini.

1. Kapasitas dasar ( $C_0$ )

Kapasitas dasar merupakan kapasitas persimpangan jalan total untuk suatu kondisi tertentu yang telah ditentukan sebelumnya (kondisi dasar). Kapasitas dasar (smp/jam) ditentukan berdasarkan tipe simpang. Untuk dapat menentukan besarnya kapasitas dasar dapat dilihat pada Tabel 2.25 di bawah ini.

Tabel 2.25. Kapasitas dasar menurut tipe simpang

| Tipe Simpang (IT) | Kapasitas Dasar (smp/jam) |
|-------------------|---------------------------|
| 322               | 2700                      |
| 342               | 2900                      |
| 324 atau 344      | 3200                      |
| 422               | 2900                      |
| 424 atau 444      | 3400                      |

Sumber : Tabel B-2:1 Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997

## 2. Faktor penyesuaian lebar pendekat ( $F_w$ )

Faktor ini diperoleh dari rumus dalam Tabel 2.26 di bawah ini.

Tabel 2.26 Faktor penyesuaian lebar pendekat

| Tipe Simpang (IT) | Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat ( $F_w$ ) |
|-------------------|---|
| 422               | $0,7 + 0,0366 W_1$                          |
| 424 atau 444      | $0,61 + 0,074 W_1$                          |
| 322               | $0,076 W_1$                                 |
| 324 atau 324      | $0,62 + 0,0646 W_1$                         |
| 342               | $0,0698 W_1$                                |

Sumber : Gambar B-3:1 Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997

dengan  $W_1$  = lebar pendekat

### 3. Faktor penyesuaian median jalan utama ( $F_M$ )

Faktor ini hanya digunakan pada jalan utama dengan jumlah lajur 4 (empat).

Besarnya faktor penyesuaian median dapat dilihat pada Tabel 2.27.

Tabel 2.27. Faktor penyesuaian median jalan utama

| Uraian                       | Tipe Median | Faktor Penyesuaian Median<br>( $F_w$ ) |
|------------------------------|-------------|--|
| Tidak ada median jalan utama | Tidak ada   | 1,00                                   |
| Ada median jalan utama       | Sempit      | 1,05                                   |
| Ada median jalan utama       | Lebar       | 1,20                                   |

Sumber : Tabel B-4:1 Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997

### 4. Faktor penyesuaian ukuran kota ( $F_{cs}$ )

Faktor ini hanya dipengaruhi oleh variabel besar kecilnya jumlah penduduk dalam juta, seperti tercantum dalam Tabel 2.28 di bawah ini.

Tabel 2.28. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota ( $F_{cs}$ )

| Ukuran Kota (CS) | Penduduk<br>(Juta) | Faktor Penyesuaian Ukuran Kota<br>( $F_{cs}$ ) |
|------------------|--------------------|--|
| 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          | 1,00   |
| Sangat Besar     | > 3.0              | 1,05   |

Sumber : Tabel B-5:1 Simpang Tak Bersinyal MKJI'97

## 5. Faktor penyesuaian tipe lingkungan, kelas hambatan samping dan kendaraan

tak bermotor ( $F_{RSU}$ )

Lingkungan jalan diklasifikasikan dalam kelas menurut tata guna tanah dan aksesibilitas jalan tersebut dari aktifitas sekitarnya.

Tabel 2.29. Tipe lingkungan jalan

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Komersial</b>      | Tata guna lahan komersial (misalnya pertokoan, perkantoran, rumah makan) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan |
| <b>Pemukiman</b>      | Tata guna tanah lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan                                     |
| <b>Akses Terbatas</b> | Tanpa jalan masuk atau jalan masuk langsung terbatas (misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan samping dsb)                    |

Sumber : Tabel B-5:1 Simpang Tak Bersinyal MKJI'97

Pada faktor ini menjadi variabel didalamnya adalah tipe lingkungan jalan (RE), kelas hambatan samping (SF) dan rasio kendaraan tak bermotor (UM).

Tabel 2.30. Faktor penyesuaian lingkungan jalan, hambatan samping, kendaraan tak bermotor ( $F_{RSU}$ )

| Kelas tipe lingkungan jalan (RE), | Kelas hambatan samping (SF) | Rasio kendaraan tak bermotor (UM) |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|
|                                   |                             | 0,00                              | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | >025 |
| Komersial                         | Tinggi                      | 0,93                              | 0,88 | 0,84 | 0,79 | 0,74 | 0,70 |
|                                   | Sedang                      | 0,94                              | 0,89 | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,70 |
|                                   | Rendah                      | 0,95                              | 0,90 | 0,86 | 0,81 | 0,76 | 0,71 |
| Pemukiman                         | Tinggi                      | 0,96                              | 0,91 | 0,86 | 0,82 | 0,77 | 0,72 |
|                                   | Sedang                      | 0,97                              | 0,92 | 0,87 | 0,82 | 0,77 | 0,73 |
|                                   | Rendah                      | 0,98                              | 0,93 | 0,88 | 0,83 | 0,78 | 0,74 |
| Akses terbatas                    | tinggi/rendah/sedang        | 1,00                              | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 |

Sumber : Simpang Tak Bersinyal MKJI'97

## 6. Faktor penyesuaian belok kiri

Formula yang digunakan dalam pencairan faktor penyesuaian belok kiri

ini adalah :

$$F_{LT} = 0,84 + 1,61 P_{LT} \dots \dots \dots (2.41)$$

## 7. Faktor penyesuaian belok kanan

Faktor penyesuaian belok kanan untuk simpang jalan dengan tiga lengan adalah  $F_{RT} = 1,0$

## 8. Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor ( $F_{MI}$ )

Pada faktor ini yang banyak mempengaruhi adalah rasio arus pada jalan minor ( $P_{MI}$ ) dan tipe simpang (IT) pada persimpangan jalan tersebut.

Tabel 2.31. Faktor penyesuaian arus jalan minor ( $F_{MI}$ )

| IT  | $F_{MI}$  | $P_{MI}$  |
|-----|---|-----------|
| 422 | $1,19 \times p_{MI}^2 - 1,19 \times p_{MI} + 1,19$  | 0.1 – 0.9 |
| 424 | $16,6 \times p_{MI}^4 - 33,3 \times p_{MI}^3 + 25,3 \times p_{MI}^2 - 8,6 \times p_{MI} + 1,95$ | 0.1 – 0.3 |
| 444 | $1,11 \times p_{MI}^{2-1,11} - 1,11 \times p_{MI} + 1,11$                                       | 0.3 – 0.9 |
| 322 | $1,19 \times p_{MI}^2 - 1,19 \times p_{MI} + 1,19$  | 0.1 – 0.5 |
|     | $- 0,595 \times p_{MI} + 0,59 \times p_{MI}^3 + 0,74$   | 0.5 – 0.9 |
| 342 | $1,19 \times p_{MI}^2 - 1,19 \times p_{MI} + 1,19$  | 0.1 – 0.5 |
|     | $1,19 \times p_{MI}^2 - 1,19 \times p_{MI} + 1,19$  | 0.5 – 0.9 |
| 324 | $16,6 \times P_{MI}^4 - 33,3 \times p_{MI}^3 + 25,3 \times P_{MI}^2 - 8,6 \times p_{MI} + 1,95$ | 0.1 – 0.3 |
| 344 | $1,11 \times p_{MI}^2 - 1,11 \times p_{MI} + 1,11$  | 0.3 – 0.5 |
|     | $-0,555 \times p_{MI}^2 + 0,555 \times p_{MI} + 0,69$   | 0.5 – 0.9 |

Sumber : Tabel B-9:1 Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997

Kapasitas persimpangan secara menyeluruh dapat diperoleh dengan rumus:

$$C = CO \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \text{ (smp)} \dots \dots \dots (2.42)$$

### 2.6.2. Perilaku lalulintas

Perilaku lalulintas adalah ukuran kuantitatif yang menerangkan kondisi operasional fasilitas lalulintas. Perilaku lalulintas pada umumnya dinyatakan dalam kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, peluang antrian.

#### 1. Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio arus lalulintas terhadap kapasitas jika yang diukur adalah kejenuhan suatu simpang maka derajat kejenuhan disini merupakan perbandingan dari arus total lalulintas (smp/jam) besarnya kapasitas pada suatu simpang (smp/jam).

Derajat kejenuhan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$DS = Q_{TOT} / C \dots \dots \dots (2.43)$$

dengan :

DS : derajat kejenuhan

$Q_{TOT}$  : arus total (smp/jam)

C : kapasitas (smp/jam)

#### 2. Tundaan (D)

Tundaan merupakan waktu tempuh tambahan untuk melewati simpang bila dibandingkan dengan situasi tanpa simpang, yang terdiri dari tundaan lalu lintas dan tundaan geometri. Tundaan lalulintas (*Degree of Traffic*) merupakan waktu menunggu akibat interaksi lalu lintas dengan gerakan yang lain dalam

simpang sedangkan tundaan geometri (*Degree of geometry*) akibat perlambatan dan percepatan kendaraan yang terganggu dan yang tidak terganggu.

Tundaan lalu lintas terbagi menjadi tiga macam yaitu:

a. Tundaan lalu lintas simpang ( $DT_1$ )

Tundaan lalu lintas simpang adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang. Untuk mendapatkan nilai tundaan lalu lintas simpang dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$DT_1 = 2 + 8,2078 \times DS - (1 - DS) \times 2 \text{ untuk } DS < 0,6 \dots\dots\dots (2.44)$$

$$DT_1 = 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2 \dots\dots\dots (2.45)$$

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

Tundaan ini merupakan tundaan lalu lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama. ( $DT_{MA}$ ) ditentukan dari rumus berikut :

$$DT_{MA} = 1,8 + 5,8234 \times DS - (1 - DS) \times 1,8 \text{ untuk } DS < 0,6 \dots\dots\dots (2.46)$$

$$DT_{MA} = 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2 \dots\dots\dots (2.47)$$

c. Tundaan lalu lintas jalan minor ( $DT_{MI}$ )

Tundaan lalu lintas jalan minor rata-rata ini ditentukan berdasarkan tundaan simpang rata dan tundaan utama rata-rata

$$DT_{MI} = (Q_{TOT} \times DT_1 - Q_{MA} \times DT_{MA}) / Q_{MI} \dots\dots\dots (2.48)$$

dengan:

$Q_{MI}$  = besarnya arus rata-rata pada jalan minor (smp/jam)

$Q_{TOT}$  = besarnya arus total pada persimpangan (smp/jam)

$Q_{MA}$  = besarnya arus rata-rata jalan pada jalan mayor (smp/jam)

$DT_1$  = nilai waktu tundaan lalulintas simpang (det/jam)

$DT_{MA}$  = nilai waktu tundaan lalulintas pada jalan mayor (det/jam)

d. Tundaan geometri simpang (DG)

Tundaan geometri simpang merupakan tundaan rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang, dihitung dengan:

untuk  $DS < 1,0$

$$DG = (1-DS) \times (p_T \times 6 + (1-p_T) \times 3) + DS \times 4 \text{ (det/smp)} \dots \dots \dots (2.49)$$

untuk  $DS > 1,0$  ;  $DG = 4$

dengan :

$DS$  = derajat kejenuhan

$p_T$  = rasio belok total

e. Tundaan simpang (D)

Tundaan simpang dihitung sebagai berikut:

$$D = DG + DT_1 \dots \dots \dots (2.50)$$

dengan :

$D$  = tundaan simpang (det/smp)

$DG$  = tundaan geometrik simpang (det/smp)

$DT_1$  = tundaan lalulintas simpang (det/smp)

3. Peluang antrian

Rentang nilai peluang antrian ditentukan dari hubungan empiris antar peluang antrian dan derajat kejenuhan. Rentang peluang antrian tersebut adalah

$$QP\% \text{ (bawah)} = 9,02 \cdot DS + 20,66 \cdot DS^2 + 10,49 \cdot DS^3 \dots\dots\dots (2.51)$$

$$QP\% \text{ (atas)} = 47,71 \cdot DS + 24,68 \cdot DS^2 + 10,49 \cdot DS^3 \dots\dots\dots (2.52)$$

## 2.7. Langkah Penetapan Tingkat Pelayanan untuk Ruas Jalan

Untuk menentukan tingkat pelayanan ruas jalan dilakukan terlebih dahulu studi waktu perjalanan.

### 2.7.1. Studi Waktu Perjalanan (*Travel Time*)

Studi waktu perjalanan adalah untuk menentukan waktu yang dipakai oleh kendaraan untuk berjalan dari suatu titik ke suatu titik yang lain pada suatu rute yang ditentukan. Data studi memberikan indikasi yang baik pada tingkat pelayanan yang ada dimana studi tersebut dilaksanakan untuk membantu *traffic engineer* dalam mengidentifikasi masalah-masalah lokasi, dengan memberikan perhatian yang spesial untuk meningkatkan aliran lalulintas secara menyeluruh pada rute tersebut.

Dari data hasil observasi, dapat ditentukan volume (v) kendaraan sebagai berikut:

$$V_u = \frac{(M_s + O_u - P_u) \cdot 60}{T_u + T_s} \dots\dots\dots (2.53)$$

$$V_s = \frac{(M_u + O_s - P_s) \cdot 60}{T_u + T_s} \dots\dots\dots (2.54)$$

dengan :

V = volume (aliran) kendaraan ke Utara (vph),

V<sub>s</sub> = volume (aliran) kendaraan ke Selatan (vph),

T<sub>u</sub> = waktu untuk menempuh perjalanan dari X-X ke Y-Y  
dalam menit,

$T_s$  = waktu untuk menempuh perjalanan dari Y-Y ke X-X dalam menit,

$M_u$  = jumlah kendaraan yang berlawanan arah (*opposing*) yang dijumpai sewaktu kendaraan observasi berjalan ke arah Utara,

$M_s$  = jumlah kendaraan yang berlawanan arah (*opposing*) yang dijumpai sewaktu kendaraan observasi berjalan ke arah Selatan,

$O_u$  = jumlah kendaraan yang menyalip (*overtake*) kendaraan observasi sewaktu berjalan dari X-X ke Y-Y,

$O_s$  = jumlah kendaraan yang menyalip (*overtake*) kendaraan observasi sewaktu berjalan dari Y-Y ke X-X,

$P_u$  = jumlah kendaraan yang disiap (*passing*) oleh kendaraan observasi sewaktu berjalan dari X-X ke Y-Y,

$P_s$  = jumlah kendaraan yang disiap (*passing*) oleh kendaraan observasi sewaktu berjalan dari Y-Y ke X-X,

Waktu rerata kendaraan adalah:

$$\bar{T}_u = T_u - \frac{(O_u - P_u) * 60}{V_u} \dots \dots \dots (2.55)$$

$$\bar{T}_s = T_s - \frac{(O_s - P_s) * 60}{V_s} \dots \dots \dots (2.56)$$

dengan :

$\bar{T}_u$  = waktu rerata semua kendaraan ke Utara (menit)

$\bar{T}_s$  = waktu rerata semua kendaraan ke Selatan (menit),

*Space Mean Speed (SMS)* adalah :

$$\overline{U_{su}} = \frac{d}{\overline{T_u}} \dots\dots\dots(2.57)$$

$$\overline{U_{ss}} = \frac{d}{\overline{T_s}} \dots\dots\dots(2.58)$$

dengan :

$\overline{U_{su}}$  = *Space Mean Speed* ke Utara (*mph*),

$\overline{U_{ss}}$  = *Space Mean Speed* ke Selatan (*mph*),

$d$  = panjang seksi yang dites (*mile*).

*Arterial Speed (ART)* :

$$ART\ SPD = \frac{3600 * X}{Y} \dots\dots\dots(2.59)$$

dengan:

$X$  = *Sum of Length*

$Y$  = *Sum of Time*

## 2.8. Gerakan Belok Pada Persimpangan

Menurut *Oglesby* ( 1982 ), gerakan membelok sangat mempengaruhi besarnya kapasitas, yaitu :

1. Pengaruh pada kapasitas untuk setiap kendaraan yang berbelok akan berkurang bila jumlah kendaraan yang berbelok meningkat.

2. Pada jalan dua arah, pengaruh kendaraan yang berbelok ke kanan berhubungan dengan jumlah kendaraan dari arah berlawanan.
3. Pengaruh gerakan membelok terhadap kapasitas tergantung pada konflik dengan arus pejalan kaki.
4. Kendaraan-kendaraan yang berbelok menyebabkan pengurangan kapasitas yang relatif lebih besar pada jalan yang sempit dibandingkan dengan jalan yang lebar.
5. Jalan memotong ( persimpangan ) yang lebih lebar dapat meningkatkan kapasitas karena belokan ke kanan dapat dilakukan dengan mudah, menyediakan ruang yang lebih luas dan meningkatkan kecepatan gerakan. Pengaruh lebar jalan yang memotong pada belokan kiri sangat bervariasi, tergantung pada faktor-faktor seperti jari-jari tikungan dan gerakan pejalan kaki.
6. Perlengkapan lajur terpisah untuk belok ke kanan, yang mungkin dilengkapi dengan fase lampu lalu lintas tersendiri, akan memberikan pengaruh yang besar pada kapasitas sehingga memerlukan analisis khusus.

HCM 1994, membedakan gerakan belok pada persimpangan berisyarat lampu lalu lintas menjadi 2 yaitu “dijinkan” ( *Permitted* ) dan “dilindungi” ( *Protected* ). Gerakan belok *permitted* adalah gerakan yang akan menemui konflik dengan penyeberang jalan atau kendaraan yang berlawanan arah, sedangkan gerakan belok *protected* adalah gerakan belok tanpa menemui konflik seperti tersebut di atas.

## 2.9. Nilai Konversi Satuan Mobil Penumpang

Pada umumnya lalulintas pada jalan raya terdiri dari campuran kendaraan cepat, kendaraan lambat, kendaraan berat, kendaraan ringan, dan kendaraan tak bermotor.

Dalam hubungannya dengan kapasitas jalan, pengaruh dari setiap kendaraan jenis tersebut terhadap keseluruhan arus lalulintas, diperhitungkan dengan membandingkannya terhadap pengaruh dari suatu mobil penumpang. Pengaruh mobil penumpang dalam hal ini dipakai satuan yang disebut satuan mobil penumpang (smp).

Nilai konversi satuan mobil penumpang berguna untuk mengetahui volume lalulintas aktual, yaitu dengan jalan mengalikan dengan nilai tersebut dengan volume lalulintas yang ada.

Pada umumnya faktor yang mempengaruhi nilai smp adalah sebagai berikut :

1. faktor fisik (ukuran kendaraan, cara bergerak kendaraan dan karakteristik persimpangannya), dan
2. faktor non fisik (fungsi kendaraan, dan tingkah laku pengendara).

Menurut hasil penelitian nilai smp untuk persimpangan yang berlampunya lalulintas di Yogyakarta, 1987 oleh Sukarno dkk., nilai konversi untuk tiap kategori kendaraan seperti tercantum pada Tabel 2.32.

Tabel 2.32. Nilai smp untuk tiap kategori kendaraan Yogyakarta

| Jenis kendaraan | Nilai konversi |
|-----------------|----------------|
| Becak           | 0,93           |
| Sepeda          | 0,23           |
| Sepeda motor    | 0,19           |
| Mobil penumpang | 1,00           |
| Mini bus        | 1,41           |
| Bus             | 2,04           |
| Truk            | 2,03           |

Sumber: Hasil penelitian nilai smp untuk persimpangan yang berlampu lalu lintas di Yogyakarta, 1987 oleh Sukarno dkk.

## 2.10. Lampu lalu lintas

### 2.10.1 Fungsi lampu lalu lintas.

Pada umumnya setiap persimpangan dengan arus lalu lintas yang dilengkapi lampu isyarat lalu lintas. Definisi lampu lalu lintas menurut *Oglesby* dan *Hicks* (1982) adalah semua pengatur lampu lalu lintas yang menggunakan tenaga listrik kecuali *flasher* (lampu kedip), rambu dan marka jalan. Setiap pemasangan lampu lalu lintas bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi sebagai berikut :

1. Mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur.
2. Meningkatkan kapasitas lalu lintas pada persimpangan jalan.
3. Mengurangi frekuensi kecelakaan
4. Mengkoordinasikan lalu lintas di bawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan menerus pada kecepatan tertentu.
5. Memutuskan arus lalu lintas tinggi agar memungkinkan adanya penyeberangan kendaraan lain atau pejalan kaki.

6. Mengatur penggunaan jalur lalu lintas.

7. Sebagai pengendali pertemuan jalan pada jalan masuk menuju jalan bebas hambatan.

8. Memutuskan arus lalu lintas bagi lewatnya kendaraan darurat (*ambulance*) atau jembatan gerak.

### 2.10.2. Ciri-ciri fisik lampu lalu lintas

Ciri-ciri fisik lampu lalu lintas yang disebut oleh *Oglesby* dan *Hicks* (1982) sebagai berikut :

1. Sinyal modern yang dikendalikan dengan tenaga listrik.
2. Setiap unit terdiri dari lampu berwarna merah, hijau, dan kuning yang terpisahkan dengan dengan diameter 8-12 *inch*.
3. Lampu lalu lintas dipasang diluar batas atau digantung diatas persimpangan. Tinggi lampu lalu lintas dipasang 8-15 *ft* diatas trotoar atau diatas perkerasan bila tidak ada trotoar. Sedangkan sinyal yang digantung harus diberi jarak bebas vertikal antara 15 - 19 *ft*.
4. Sinyal modern dilengkapi dengan sinyal pengatur untuk pejalan kaki atau penyeberangan jalan.

### 2.10.3. Lokasi lampu lalu lintas.

Menurut *Oglesby* dan *Hicks* (1982) letak lampu lalu lintas diisyaratkan apabila dipasang menggunakan tiang berlengan atau digantung dengan kabel, diberi jarak 40 - 120 *ft* dari garis henti. Bila kedua sinyal dipasang pada tonggak sebaiknya dipasang di sisi-sisi jalan yaitu satu di sisi kanan dan satunya di sisi kiri

atau di atas median. Dengan syarat sudut yang terbentuk antara sinyal dan garis pandang normal tidak lebih dari 20°.

Pemasangan papan iklan dengan lampu penerangan didekat lampu isyarat lalulintas sangat tidak dianjurkan karena mengurangi keefektifan peralatan pengatur lampu lalulintas akibat dari sinar lampu tersebut.

#### 2.10.4. Pengoperasian lampu lalulintas

Menurut HCM 1994, terdapat tiga macam cara pengoperasian lampu lalu lintas yaitu:

1. *Pretimed Operation*, yaitu pengoperasian lampu lalulintas dalam putaran konstan dimana setiap siklus sama dan panjang siklus serta fase tetap.
2. *Semi Actuated Operation*, pada isyarat operasi lalulintas ini, jalan utama (*major street*) selalu berisyarat hijau sampai alat deteksi pada jalan samping (*side street*) menentukan bahwa terdapat kendaraan yang datang pada satu atau kedua sisi jalan tersebut.
3. *Full Actuated Operation*, pada isyarat lampu lalulintas ini semua fase lampu lalulintas ini dikontrol dengan alat detektor, sehingga panjang siklus untuk tiap fasenya berubah-ubah tergantung dari permintaan yang dirasakan oleh detektor.

Di Indonesia untuk pengaturan lampu lalulintas dipakai sistem *pretimed operation*. Untuk urutan nyala lampu isyarat lalulintas yang dipakai adalah merah, hijau, dan kuning. Kondisi ini sesuai dengan pendapat *Morlok* (1978) bahwa sinyal lampu lalulintas terdiri dari tiga aspek, yaitu hijau untuk berjalan,

kuning untuk memperbolehkan kendaraan memasuki pertemuan apabila tidak terdapat kendaraan lainnya sebelum lampu merah muncul dan merah untuk berhenti.

Menurut *Salter* (1980) urutan nyalanya adalah merah, merah / kuning, hijau dan kuning yang masing- masing mempunyai arti sebagai berikut :

1. Nyala merah, berarti kendaraan dilarang melewati garis berhenti (*stop line*). Lamanya waktu merah disesuaikan dengan desain volume lalu lintas.
2. Nyala merah / kuning, berarti kendaraan tetap dilarang melewati garis berhenti. Waktu nyala merah dan kuning bersama-sama adalah 2 detik.
3. Nyala hijau, berarti kendaraan diperbolehkan melewati persimpangan. waktu nyala hijau disesuaikan dengan desain lalu lintas.
4. Nyala kuning berarti kendaraan dilarang melewati garis henti, kecuali kendaraan tersebut sudah dekat dengan garis henti sehingga tidak dapat dihentikan dengan aman. Waktu nyala kuning adalah 3 detik.

Menurut *Morlok* (1978) dan *Salter* (1980) waktu yang dibutuhkan untuk satu rangkaian nyala lampu lalu lintas tersebut disebut panjang daur atau waktu siklus (*cycle time*).

#### **2.10.5. Perencanaan Fase Lampu Lalu Lintas**

Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan ini berdasarkan HCM 1994.

1. Pengaturan *Cycle Time*

Pengaturan *cycle time* dihitung dengan menggunakan persamaan 2.60 berikut ini.

$$C = L \cdot X_c / [ X_c - \sum (v/s) \cdot n ] \dots\dots\dots (2.60)$$

dengan :

C = panjang putaran (*cycle length*), dalam detik

L = kehilangan waktu (*lost time*), dalam detik

X<sub>c</sub> = perbandingan kritis v/c

$\sum (v/s) \cdot n$  = perbandingan arus untuk kelompok lajur i

## 2. Pengaturan panjang waktu hijau

Pengaturan waktu siklus untuk setiap kaki pendekat persimpangan dengan persamaan 2.31 berikut ini.

$$g_i = v_i \cdot C / (s_i \cdot X_i) \text{ atau } g_i = (v/s)_i \cdot (C/X_i) \dots\dots\dots (2.61)$$

dengan :

g<sub>i</sub> = waktu hijau untuk kelompok lajur i, dalam detik

X<sub>i</sub> = perbandingan v/c untuk kelompok lajur i

v<sub>i</sub> = volume untuk kelompok lajur i

s<sub>i</sub> = arus jatuh untuk kelompok lajur i

## 2.11. Perhitungan BOK dengan Metoda TRRL

TRRL atau *Transport and Road Research Laboratory* telah mempublikasikan suatu model perhitungan biaya operasi kendaraan bermotor (*Vehicle Operation Cost*) pada negara berkembang melalui TRRL Report No. 672 pada tahun 1975. Model ini adalah hasil suatu penelitian yang dilakukan Republik Kenya Afrika pada sekitar tahun 1971 – 1973, oleh suatu tim yang

terdiri dari *The Overseas Unit of TRRL, International Bank for Reconstruction and Development (IBRD)* dan Pemerintah Kenya.

### 2.11.1. Faktor-faktor BOK

Dalam menilai penawaran jalan BOK bergantung pada jumlah dan tipe kendaraan termasuk asal dan tujuan (*trip classification*) dari perjalanan itu. BOK juga dipengaruhi oleh geometris alinyemen jalan. Untuk jalan dengan banyak tanjakan terjal (*Step Gradients*) BOK akan lebih mahal dibandingkan dengan operasi pada jalan yang rata. Tingkat kekasaran permukaan jalan atau *road surface roughness* berpengaruh pula pada BOK terutama pada komponen kendaraan seperti ban dan suku cadang.

Standar konstruksi jalan dipengaruhi oleh kondisi ketahanan permukaan dan beban serta intensitas arus lalu lintas, tingkat perawatan dan keadaan lingkungan. Makin tinggi intensitas lalu lintas dan makin berat beban gandar (*axle load*) makin cepat pula jalan mengalami kerusakan. Maka dalam membuat perkiraan BOK lebih diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Parameter fisik dari jalan yang mempengaruhi BOK.
- b. Tipe serta keadaan operasinya
- c. Komponen yang perlu dievaluasi (kecepatan, bahan bakar, minyak pelumas, ban, suku cadang dan tenaga kerja).

### 2.11.2. Parameter Fisik Jalan (*Types of Road*)

Dalam model TRRL kondisi fisik jalan yang perlu diperhatikan adalah :

- A. Alinyemen Vertikal (*Vertical geometry*)

Alinyemen vertikal ini dipengaruhi kemiringan mendaki dan kemiringan menurun (*Rise and Fall The Road*) yang juga akan mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Semakin terjal geometri jalan semakin tinggi konsumsi bahan bakar. Secara umum jalan bisa digolongkan dalam tiga jenis yaitu :

1. *Flat Road* (jalan datar) dengan gradien rata-rata  $< 1,5 \%$
2. *Intermediate Road* dengan gradien rata-rata antara  $1,5 \%$  dan  $3,5 \%$
3. *Steep Road* (jalan terjal) dengan gradien rata-rata  $> 3,5 \%$ .

#### B. Alinyemen Horisontal (*Horizontal Curvature*)

Menurut *Clarkson*, 1985, alinyemen horisontal berpengaruh pada sudut belokan, yaitu saat kendaraan akan mengalami hambatan pergerakan akibat superelevasi permukaan. Kesulitan pergerakan manuver kendaraan diatasi dengan pengereman. Pengereman pada kecepatan tinggi mengakibatkan biaya operasi kendaraan makin mahal. Hal ini disebabkan menjadi mudah rusak karena kemiringan jalan dan tahanan tepi (*side resistant*) akibat gesekan pada tepi jalan. Penambahan biaya ini juga disebabkan oleh perubahan kecepatan yang terjadi. Secara umum alinyemen horisontal dibedakan menjadi tiga yaitu :

1. *Low Curvature* dengan sudut kurang dari  $30^\circ$
2. *Medium Curvature* dengan sudut antara  $30^\circ$  dan  $90^\circ$
3. *High Curvature* dengan sudut lebih dari  $90^\circ$

#### C. Lebar Jalan (*Road Width*)

Pada jalan dengan lebar lima meter atau lebih tidak akan mempengaruhi kecepatan, tetapi untuk lebar jalan kurang dari lima meter akan mengurangi kecepatan yang biasa dicapai. Semakin lebar jalan maka kendaraan akan semakin banyak tertampung. Sehingga mempengaruhi tipe pelayanan jalan serta tipe aliran lalulintasnya.

#### D. Kekasaran permukaan

Kondisi permukaan akan sangat mempengaruhi baik pada operasional maupun pada pemeliharaan kendaraan. Pengaruh tersebut pada saat kendaraan mulai bergerak, berhenti, atau mengerem. Adapun nilai rata-rata dari keadaan permukaan diperoleh dari berbagai tipe jalan yang biasa dipakai yaitu :

- |                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 1. <i>Asphaltic concrete roads</i>  | 1800 mm/km |
| 2. <i>New surface dressed roads</i> | 2400 mm/km |
| 3. <i>Old surface dressed roads</i> | 2700mm/km  |

#### E. Ketinggian (*Altitude*)

Ketinggian permukaan dari air laut menyebabkan kenaikan suhu dan penipisan udara ( $O_2$ ). Kedua hal ini akan menyebabkan mesin sulit dihidupkan untuk pertama kalinya dan jika telah bekerja mesinnya membutuhkan energi lebih besar. Keadaan semacam ini terutama pada kendaraan dengan bahan bakar solar atau kendaraan berat. Ketinggian diperhitungkan terutama pada jalan yang diperkeras.

Dampak pada BOK adalah kecil dan acuan ketinggian berdasarkan skala 500 meter dianggap mencukupi.

#### F. Tingkat kelembaban (*Moisture Contents*)

Disarankan untuk memakai nilai 2% untuk daerah kering (curah hujan per tahun mencapai kurang dari 750 mm) sampai 25 % untuk daerah basah sekali (curah hujan pertahun melebihi 750 mm).

#### G. Legokan (*Ruth Depth*)

Adanya legokan membuat pengendara cenderung mengurangi kecepatan dan disarankan memakai nilai rata-rata antara 10 mm untuk jalan tanpa perkerasan dalam kondisi baik sampai 50 mm dalam kondisi jalan yang tidak baik.

#### H. Berkurangnya material jalan (*Looseness Material*)

Faktor ini disebabkan hilangnya friksi-friksi antara roda pendorong dengan permukaan jalan sehingga cenderung meningkatkan konsumsi bahan bakar. Disarankan memakai nilai rata-rata.

### 2.11.3. Tipe Kendaraan dan Spesifikasinya

#### A. Berat bruto kendaraan (*Gross Vehicle Weight / GVW*)

Biaya GVW (dalam ton) mempengaruhi pemakaian bahan bakar dan ban kendaraan. Nilai GVW dapat diperkirakan dari survei beban gandar yang dilakukan pada rute yang diteliti. Bisa juga diperkirakan dari mengamati sifat dan macam barang yang diangkut serta distribusi dari kapasitas angkut kendaraan penumpang atau truk.

Tabel 2.33. *Gross Vehicle Weight (GVW)* dan *Power/Weight* pada spesifikasi kendaraan buatan Eropa dan Jepang

| No | Jenis Kendaraan                                 | Berat Bruto Kendaraan dan Rasio Berat |       |       |      |       |       | BPH Rata-rata |
|----|---|---------------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|---------------|
|    |   |                                       |       |       |      |       |       |               |
| 1  | Dua gandar, bahan bakar bensin<br>< 3600 kg GVW | 1.93                                  | 40.0  | 2.39  | 32.0 | 2.85  | 27.0  | 27.0          |
| 2  | Dua gandar, bahan bakar solar<br>< 3600 kg GVW  | 1.83                                  | 30.05 | 2.34  | 24.0 | 2.85  | 20.00 | 20.00         |
| 3  | Dua gandar, bahan bakar solar<br>< 7600 kg GVW  | 2.55                                  | 32.8  | 4.58  | 18.2 | 7.13  | 11.7  | 11.7          |
| 4  | Dua gandar, bahan bakar solar<br>< 12200 kg GVW | 4.07                                  | 26.0  | 6.92  | 15.3 | 10.49 | 10.1  | 10.1          |
| 5  | Dua gandar, bahan bakar solar<br>< 16300 kg GVW | 5.09                                  | 27.4  | 10.38 | 13.4 | 16.03 | 8.7   | 8.7           |
| 6  | Tiga gandar                                     | 9.16                                  | 16.5  | 15.78 | 9.7  | 24.43 | 6.25  | 6.25          |
|    |   | 6.16                                  | 18.3  | 15.78 | 10.6 | 24.43 | 6.9   | 6.9           |
| 7  | Trailer dengan 4 poros batang gandar            | 11.71                                 | 15.4  | 22.40 | 8.0  | 32.58 | 5.5   | 5.5           |
| 8  | Trailer dengan 6 poros batang gandar            | 14.25                                 | 12.6  | 25.42 | 7.0  | 36.65 | 5.0   | 5.0           |

Sumber : Transport and Road Research Laboratory 1975, UK

---

---

B. *Power to Weight Ratio (TW)* dan *Net Brake Horse Power per Weight*

---

---

(BHP)

Survei beban gandar bisa menghasilkan data tentang BHP dari berbagai golongan kendaraan komersial sehingga per ton GVW dapat dihitung.

C. Umur Kendaraan (*Vehicle Age*)

Nilai ini diperhitungkan dalam tahun dan jumlah kilometer atau mil yang telah dijalani sejak kendaraan baru perlu diketahui karena berpengaruh atas pemakaian suku cadang dan perawatan.

D. Harga Kendaraan (*Vehicle Price*)

Besarnya koefisien konsumsi suku cadang kendaraan dan nilai penyusutan kendaraan dinyatakan dalam bentuk non dimensional atau *quantity factors*. Nilai moneterinya didapat dengan mengalikan faktor-faktor tersebut dengan harga kendaraan. Penilaian berdasarkan pada rasio harga dari berbagai golongan kendaraan. Untuk hasil yang baik disarankan untuk memeriksa rasio harga-harga tersebut untuk kendaraan baru agar tidak banyak terjadi deviasi. Penyimpangan yang besar menghasilkan perbedaan-perbedaan yang tidak wajar dan perkiraan biaya konsumsi suku cadang. Rasio harga kendaraan dapat dilihat pada Tabel 2.34.

Tabel 2.34. Rasio Harga Kendaraan

| No | Kelas Kendaraan                 | Rasio Harga ( Mobil Penumpang = 1 ) |         |
|----|---------------------------------|-------------------------------------|---------|
|    |                                 | Pasar                               | Ekonomi |
| 1  | Mobil penumpang                 | 1                                   | 1       |
| 2  | Kendaraan angkut ringan         | 1,5                                 | 2,0     |
| 3  | Bis                             | 5,5                                 | 6,5     |
| 4  | Kend. sedang dgn 2 sumbu gandar | 2,5                                 | 3,0     |
| 5  | Kend. berat dgn 3 sumbu gandar  | 6,5                                 | 8,0     |
| 6  | Kend. berat dgn 4 sumbu gandar  | 8,5                                 | 10,0    |
| 7  | Kend. berat dgn 5 sumbu gandar  | 9,5                                 | 11,5    |
|    | Kend. berat dgn 6 sumbu gandar  | 10,0                                | 12,5    |

#### 2.11.4. Batas-Batas Pemakaian BOK

##### 2.11.4.1. Kecepatan Kendaraan (*Vehicle Speeds = V*)

Menurut studi TRRL Kenya perkiraan dilakukan berdasarkan asumsi *free flow condition* atau arus lalu lintas bebas. Kecepatan dihitung berdasarkan fungsi dari rata-rata besarnya *Rise and Fall* (RS+ F) yang kemudian dikoreksi untuk:

1. Jalan dengan perkerasan terpengaruh *Curvature* ( C ), *Altitude* (A), dan *Road Width* (RW),
2. Jalan tidak dengan perkerasan terpengaruh *Curvature* ( C ), *Roughness* ( R ), *Moisture Contents* (M), *Ruth Depth* (RD), dan *Road Width* (RW).

Dalam memperkirakan kecepatan untuk kendaraan angkut medium dan berat, maka masih harus dikoreksi menurut *Power to Weight (PW)* dalam *Brake Horse Per Tonne (BHP/ton)* yang besarnya sama untuk jalan dengan perkerasan dan tanpa perkerasan. dalam persamaan matematis tersebut terdapat batas jarak maksimum ekstrapolasi. Jika melebihi batas tersebut maka ekstrapolasi tidak bisa diterima. Rumus untuk kecepatan adalah :

1. Mobil penumpang

$$V = 102,6 - 0,372 RS - 0,076 F - 0,111C - 0,0049 A \dots\dots\dots (2.62)$$

2. Kendaraan angkut ringan

$$V = 86,9 - 0,418 RS - 0,05 F - 0,074 C - 0,0028 A \dots\dots\dots (2.63)$$

3. Kendaraan angkut sedang dan berat

$$V = 68,1 - 0,519 RS + 0,03 F - 0,058 C - 0,0004 A \dots\dots\dots (2.64)$$

4. Bus

$$V = 72,5 - 0,526 RS + 0,0067 F - 0,066 C - 0,0042 A \dots\dots\dots (2.65)$$

Rumus diatas untuk jalan dengan lebar lebih dari 5 meter.

dengan :

V = kecepatan kendaraan (km/jam)

RS = tanjakan

F = turunan

C = sudut alinyemen

A = ketinggian

#### 2.11.4.2. Pemakaian Bahan Bakar (*Fuel Consumption = FL*)

Pemakaian bahan bakar menurut TRRL merupakan fungsi dari rata-rata *Rise and Fall* kemudian ditambah atau dikurangi mengingat dampak dari kecepatan ( $V$ ), rasio berat dan berat bruto kendaraan untuk jalan dengan perkerasan. Sedangkan bagi jalan tanpa perkerasan mengingat kehilangan dan kekasaran untuk memperkirakan FL ini juga diperhatikan, maka jarak maksimum keamanan ekstrapolasi setiap variabel. ekstrapolasi diluar nilai-nilai tertentu akan berakibat kesalahan yang tidak diterima atau *unacceptable errors*. Rumus yang dipergunakan adalah :

1. Mobil penumpang

$$FL = (53,4 + 499/V + 0,0058 V^2 + 1,594 RS - 0,854 F) 1,08 \dots \dots \dots (2.66)$$

2. Kendaraan angkut ringan

$$FL = (74,7 + 1151/V + 0,0131V^2 + 2,906 RS - 1,277 F) 1,08 \dots \dots \dots (2.67)$$

3. Kendaraan angkut sedang

$$FL = (105,4 + 903/V + 0,0143V^2 + 4,362RS - 1,834 F - 2,40 PW) 1,13 \dots \dots \dots (2.68)$$

4. Kendaraan angkut berat dan bis

$$FL = (-48,6 + 69,2 GVW + 903/V + 0,0143V^2 + 4,362 RS - 1,834 F - 2,40 PW) 1,13 \dots \dots \dots (2.69)$$

dengan :

Fl = konsumsi bahan bakar

V = kecepatan kendaraan

RS = tanjakan

F = turunan

GVW = berat kotor kendaraan

PW = perbandingan kekuatan dan berat kendaraan

#### 2.11.4.3. Pemakaian Bahan Pelumas (*Lubricating Oil Consumption*)

Jumlah kebutuhan minyak pelumas dipengaruhi oleh kondisi mesin. Kondisi ini berupa suhu dan putaran mesin. Pada mesin yang berputar akan terjadi panas sehingga menyulitkan gerakan mesin. Pelumas diperlukan untuk melancarkan kembali kerja mesin. Penggunaan minyak pelumas tidak akan sampai habis namun hanya sampai batas tertentu dimana pelumas tersebut tidak dapat lagi menjalankan fungsinya dengan baik. Jadi kendaraan dengan mesin yang besar akan cepat panas dan kebutuhan akan bahan pelumas akan makin besar. Penelitian tentang banyaknya bahan pelumas terpakai merupakan nilai rata-rata untuk jalan dengan dan tanpa perkerasan serta mencakup empat macam kendaraan. Baik minyak pelumas yang dipakai untuk perawatan (penggantian minyak) maupun yang terpakai dalam operasi kendaraan sudah termasuk dalam perkiraan itu.

Rumusan untuk TRRL telah memberikan jumlah konsumsi minyak pelumas yang ditunjukkan pada Tabel 2.35.

Tabel 2.35. Pemakaian minyak pelumas kendaraan per 1000 km

| No | Kelas kendaraan                   | Jalan dengan perkerasan | Jalan tanpa perkerasan |
|----|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1  | Mobil penumpang                   | 1,2 liter/1000km        | 2,4 liter/1000km       |
| 2  | Kendaraan angkut ringan           | 1,8 liter/1000km        | 3,6 liter/1000km       |
| 3  | Kendaraan angkut sedang dan berat | 4,0 liter/1000km        | 8,0 liter/1000km       |
| 4  | Bis                               | 4,0 liter/1000km        | 8,0 liter/1000km       |

Sumber : TRRL Report No. 672, "Transport and Research Laboratory", UK, 1975

#### 2.11.4.4. Perawatan Kendaraan (*Vehicle Maintenance*)

Perkiraan tentang komponen perawatan kendaraan terdiri dari dua hal yaitu suku cadang dan jumlah jam kerja yang dipakai.

##### I. Pemakaian Suku Cadang (*Parts Consumption*)

Sampai pada pemakaian tertentu dari pembelian kendaraan baru, suku cadang sering menjadi jaminan dari suatu harga pembelian. Jaminan itu dapat berupa gratis suku cadang atau berupa potongan pembelian suku cadang. Harga suku cadang ditentukan oleh tingkat kerusakan suku cadang itu sendiri. Kerusakan itu dipengaruhi oleh kondisi permukaan jalan / kekasaran, harga kendaraan baru dan umur pemakaian kendaraan. Untuk jalan yang kasar suku cadang akan semakin cepat rusak, sementara umur kendaraan mempengaruhi ketersediaan suku cadang. Semakin tua maka suku cadang semakin langka dan mahal. Suku cadang asli yang digunakan juga mahal karena mutunya lebih baik. Pada perhitungan ini, kerusakan suku cadang tidak dapat diperbaiki dan harus diganti. Pada model TRRL nilai PC merupakan fungsi dari kekasaran jalan ( R ) dan umur kendaraan dalam km ( K ). Nilai K adalah nilai kumulatif yang telah ditempuh kendaraan.

Biaya PC per 1000 km didapat dengan mengalikan faktor hasil dari hubungan dengan harga kendaraan baru. Biasanya terdapat garansi untuk kendaraan baru yang sudah dimasukkan kedalam harga pembeliannya. Tetapi perkiraan yang lebih tepat diperoleh dengan menentukan sebuah titik potong untuk K dalam persamaan matematis. Dibawah titik potong tersebut maka biaya perawatan adalah nol. Untuk mobil penumpang dan kendaraan angkut ringan, titik potong pada 10.000 km sampai 20.000 km. Untuk bis dengan jarak tempuh

perjalanan lebih tinggi dari kedua jenis kendaraan diatas maka ditentukan dari tingkat terendah biaya pengantian suku cadang yang telah diberikan.

Rumus – rumus yang digunakan adalah :

1. Mobil penumpang dan kendaraan angkut ringan

$$PC = (-2,03 + 0,0018 R) \times KA \times 10^{-11} \times VP; KA > 10.000 \dots (2.70)$$

$$PC = 0; KA < 10.000 \dots (2.71)$$

2. Kendaraan angkut sedang dan kendaraan angkut berat

$$PC = (0,48 + 0,0037 R) \times KA \times 10^{-11} \times VP; KA > 20.000 \dots (2.72)$$

$$PC = 0; KA < 20.000 \dots (2.73)$$

2. Bis

$$PC = (-0,67 + 0,0006 R) \times KA^{1/2} \times 10^{-11} \times VP; PC / (Vp \times KA^{1/2}) > 10^{-11} \dots (2.74)$$

$$PC = 0; PC / (Vp \times KA^{1/2}) < 10^{-11} \dots (2.75)$$

Keterangan :

PC = harga untuk suku cadang per km

VP = harga yang seimbang dengan harga kendaraan baru

KA = rata-rata kilometer jarak tempuh sejak dipakai

## II. Biaya Tenaga Kerja (*Labour Hours*= LH )

TRRL menentukan biaya tenaga kerja atau LH sebagai fungsi dari kekasaran permukaan (R) dan umur kecepatan dalam kilometer (K). Satuan nilai batas R sebesar 6000 mm/km ditentukan karena nilai rasio dari LH adalah konstan Untuk memperkirakan PC maupun LH perlu ditetapkan rentang maksimum variabel dari K dan R agar dalam hal ekstrapolasi tidak terjadi kesalahan.

Adapun rumus-rumus yang dipergunakan adalah:

1. Mobil penumpang dan kendaraan angkut ringan

$$LH = (851 - 0,0788 R) \times PC/VP ; R < 6000 \dots\dots\dots(2.76)$$

$$LH = 383 \times PC/VP; R > 6000 \dots\dots\dots(2.77)$$

2. Kendaraan angkut sedang dan kendaraan angkut berat

$$LH = (2975 - 0,078 R) \times PC/VP; R < 6000 \dots\dots\dots( 2.78)$$

$$LH = 2507 \times PC / VP ; R > 6000 \dots\dots\dots(2.79)$$

3. Bis

$$LH = (2640 - 0,078 R) \times PC/VP ; R < 6000 \dots\dots\dots(2.80)$$

$$LH = 2172 \times PC/VP; R > 6000 \dots\dots\dots(2.81)$$

dengan ..

LH = jam kerja montir (jam)

PC = konsumsi suku cadang (rupiah/1000 km)

VP = harga kendaraan baru (rupiah)

R = kekasaran permukaan (mm/km)

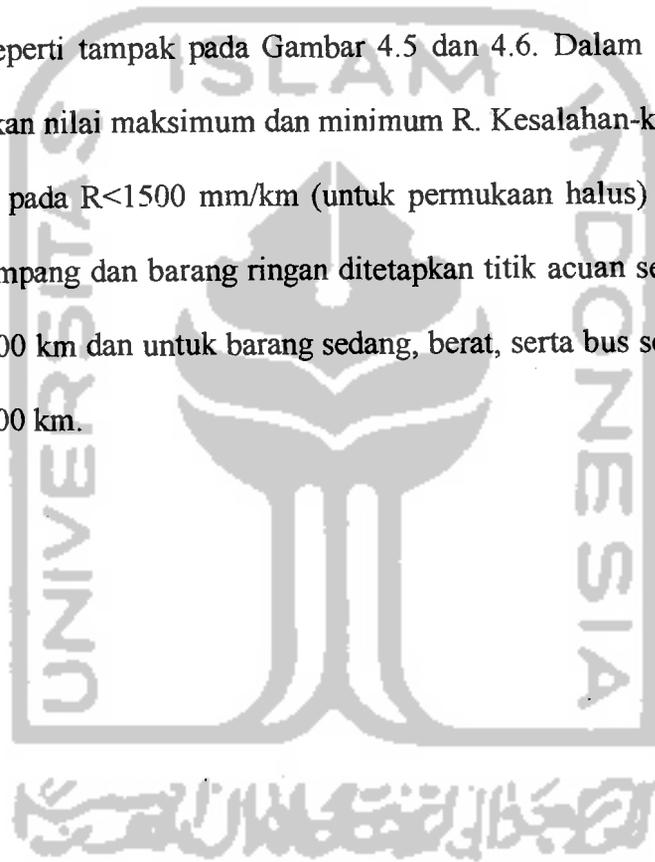
Tabel 2.36. Angka Variabel Taksiran Pemakaian Suku Cadang dan Jam Tenaga Kerja

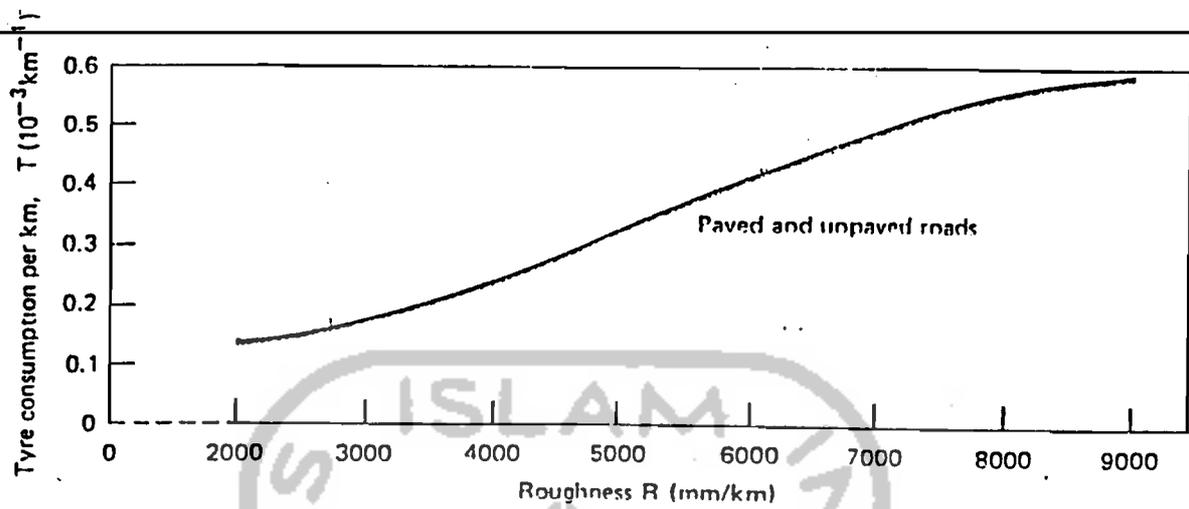
| Tipe Kendaraan                                 | Variabel        | Satuan    | Angka Keamanan Maksimum |
|--|-----------------|-----------|-------------------------|
| 1. Mobil penumpang dan kendaraan angkut ringan | Km rata-rata, K | $10^3$ km | 0 – 100                 |
|  | Kekasaran, R    | mm/km     | 0 – 7500                |
| 2. Kendaraan angkut sedang dan berat           | Km rata-rata, K | $10^3$ km | 0 – 400                 |
|  | Kekasaran, R    | mm/km     | 0 – 7500                |
| 3. Bis   | Km rata-rata, K | $10^3$ km | 0 – 1100                |
|  | Kekasaran, R    | mm/km     | 0 – 7500                |

Sumber : TRRL. Report no.672, "Transport and Road Research Laboratory", U.K.1975.

#### 2.11.4.5. Pemakaian Ban Kendaraan (*Tyre Consumption = TC*)

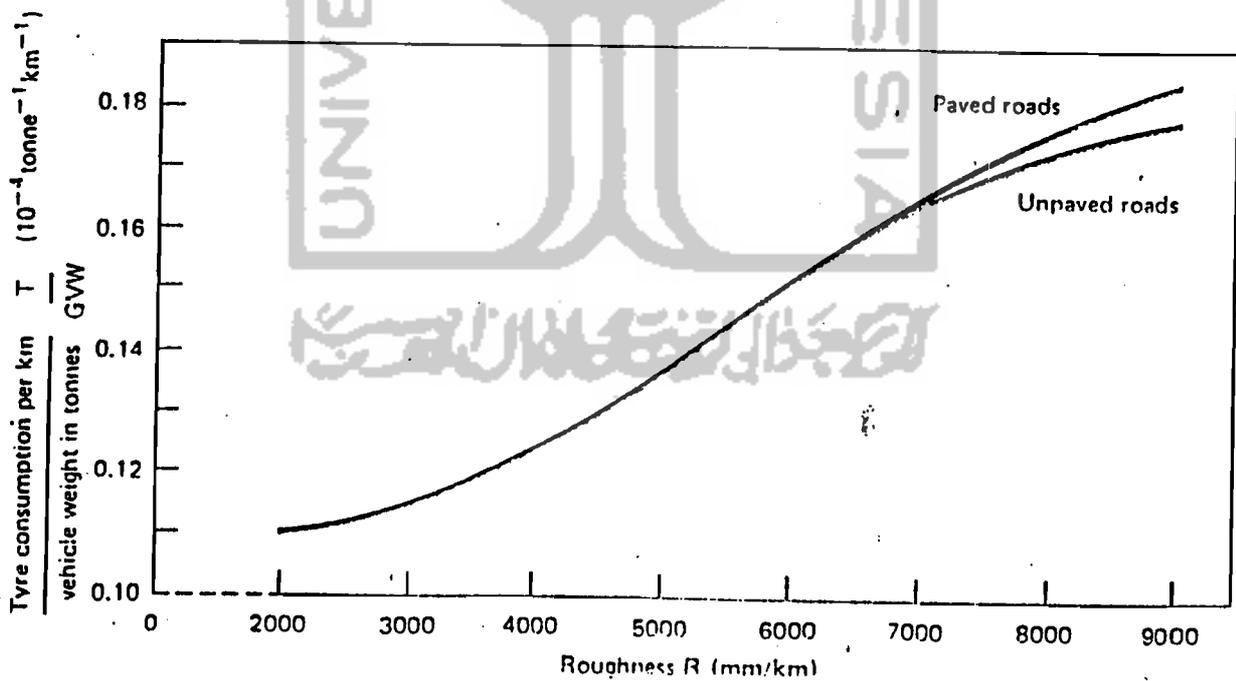
Menurut TRRL pemakaian ban kendaraan atau TC merupakan fungsi dari kekasaran permukaan jalan ( $R$ ) untuk kendaraan penumpang dan barang ringan. Sedangkan untuk kendaraan sedang berat dan bus maka TC bergantung pada  $R$  dan berat bruto kendaraan ( $GVW$ ). Pemakaian ban dinyatakan dalam kecepatan per 1000 km, seperti tampak pada Gambar 4.5 dan 4.6. Dalam memperkirakan nilai TC ditetapkan nilai maksimum dan minimum  $R$ . Kesalahan-kesalahan sangat mungkin terjadi pada  $R < 1500$  mm/km (untuk permukaan halus) sehingga untuk kendaraan penumpang dan barang ringan ditetapkan titik acuan senilai 0,03 *tyres pertonne* per 1000 km dan untuk barang sedang, berat, serta bus senilai 0,01 *tyres pertonne* per 1000 km.





Sumber : TRRL Report No. 672, "Transport and Road Research Laboratory", U.K 1975

Gambar 2.5 Konsumsi ban kendaraan pada mobil penumpang dan kendaraan angkut ringan



Sumber : TRRL Report No. 672, "Transport and Road Research Laboratory", U.K 1975

Gambar 2.6 Konsumsi ban kendaraan pada kendaraan angkut sedang dan berat

Tabel 2.37. Angka variabel untuk konsumsi ban kendaraan

| Tipe Kendaraan                              | Variabel     | Satuan | Jarak   |
|---|--------------|--------|---------|
| Mobil penumpang dan kendaraan angkut ringan | kekasaran, R | mm/km  | 0 -7500 |
| Kendaraan angkut sedang dan berat           | kekasaran, R | mm/km  | 0 -7500 |
| Bis   | kekasaran, R | mm/km  | 0 -7500 |

Sumber : TRRL Report No. 672, "Transport and Road Research Laboratory", U.K 1975

Rumus-rumus TRRL yang dipergunakan adalah :

1. Mobil penumpang dan kendaraan angkut ringan

$$TC = (-83 + 0,058 R) \times 10^{-6}, R > 2000 \dots\dots\dots (2.82)$$

$$TC = 3.0 \times 10^{-5}, R < 20000 \dots\dots\dots (2.83)$$

2. Kendaraan angkut sedang dan kendaraan angkut berat

$$TC = (83 + 0,0112 R) \times 10^{-7}, R > 1500 \dots\dots\dots (2.84)$$

$$TC = 1.0 \times 10^{-5}, R < 1500 \dots\dots\dots (2.85)$$

dengan :

TC = kebutuhan ban kendaraan per 1000 km

R = kekasaran permukaan (mm/km)

#### 2.11.4.6. Penyusutan Harga Kendaraan (*Depreciation*)

TRRL menetapkan penyusutan dihitung per tahun per kilometer dan merupakan persentase dari harga kendaraan baru (*cost of new vehicles=VP*) dan dari rata-rata pemakaian kilometer pertahun (*Average Annual Kilometres=KA*) bagi kendaraan penumpang dan barang ringan. Sedangkan kendaraan barang dan berat dan bis tingkat penyusutan per tahun per kilometer merupakan fungsi dari KA, VP dan umur kendaraan. Umur kendaraan penumpang dan barang ringan sebesar 22% untuk tahun pertama, 14% untuk tahun kedua dan 8 % untuk tahun-

tahun selanjutnya. Bagi kendaraan berumur lebih dari 8 tahun, depresiasi adalah nol dan nilainya dianggap konstan sebesar 5% dari nilai kendaraan baru.

Untuk kendaraan barang sedang dan berat serta bis sebesar 31 % untuk tahun pertama, 6,25 % untuk tahun setiap tahun kemudian sampai tahun ke 8 yakni pada waktu nilai kendaraan mencapai 5% dari harga barunya. Jadi depresiasi adalah nol untuk kendaraan berumur lebih dari 8 tahun.

Rumus yang dipergunakan:

1. Mobil penumpang dan kendaraan angkut ringan

Penurunan harga tahunan per kilometer

$$= (0,22 \times VP) \times KA, \text{ untuk kendaraan dengan umur 1 tahun} \dots\dots\dots(2.86)$$

$$= (0,14 \times VP) \times KA, \text{ untuk kendaraan dengan umur 2 tahun} \dots\dots\dots(2.87)$$

$$= (0,08 \times VP) \times KA, \text{ untuk kendaraan dengan umur 3-8 tahun} \dots\dots\dots(2.88)$$

$$= 0, \text{ untuk kendaraan dengan umur 8 tahun} \dots\dots\dots(2.89)$$

2. Kendaraan angkut sedang dan kendaraan angkut berat

Penurunan harga tahunan per kilometer

$$= (0,31 \times VP) \times KA, \text{ untuk kendaraan dengan umur 1 tahun} \dots\dots\dots(2.90)$$

$$= (0,065 \times VP) \times KA \times [(Y)^{1/3} - (Y-1)^{1/3}],$$

untuk kendaraan dengan umur 2-8 tahun.....(2.91)

$$= 0, \text{ untuk kendaraan berumur lebih dari 8 tahun} \dots\dots\dots(2.92)$$

keterangan :

KA = rata-rata jarak tempuh kendaraan (kilometer)

VP = harga yang sebanding dengan harga kendaraan baru

Y = umur kendaraan dalam tahun

### 2.11.4.7. Jam Kerja Awak ( *Crew Hours* )

Banyak jam kerja dinyatakan dalam rata-rata per 1000 km untuk berbagai golongan kendaraan dan merupakan fungsi dari jumlah kilometer yang dijalani pertahun atau rata - rata kilometer per tahun (KA) seperti tercantum dalam Tabel 2.38.

Tabel 2.38 Jam kerja awak rata-rata km per tahun

| Tipe kendaraan          | Angka rata-rata jam kerja per tahun | Jarak rata-rata (km) |
|-------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Mobil penumpang         | 0                                   | 20.000               |
| Kendaraan angkut ringan | 2000                                | 45.000               |
| Kendaraan angkut sedang | 7500                                | 75.000               |
| Kendaraan angkut berat  | 5000                                | 75.000               |
| Bis                     | 6000                                | 90.000               |

Sumber : TRRL Report No. 672, "Transport and Road Research Laboratory", U.K.1975

Tabel 2.39 Daftar harga komponen BOK

| No | Nama komponen                   | Harga ( Rupiah )      |
|----|---------------------------------|-----------------------|
| 1  | Mobil sedan "Honda City" (baru) | Rp. 157.000.000,00    |
| 2  | Ban Honda City                  | Rp. 450.000,00 / buah |
| 3  | Minyak pelumas " Mesran Super"  | Rp. 12.100,00 / liter |
| 4  | Bahan bakar "Bensin"            | Rp. 1.000,00 / liter  |

Sumber : Hasil survei di dealer mobil