

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Arus Lalu-Lintas**

Menurut Morlok [Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi, 1985 hal. 187 (8)], arus kendaraan merupakan suatu hal yang penting dalam perencanaan dan pengoperasian untuk jalan-jalan yang baru dan memodifikasi dari jalan-jalan yang ada untuk dapat memenuhi dan mengatasi perubahan yang terjadi pada kondisi lalu-lintas. Sarana fisik (peraturan lalu-lintas, rambu-rambu jalan) dan karakteristik kendaraan (termasuk pengemudi) semuanya berinteraksi untuk menentukan kemampuan jalan tersebut dalam menampung beban lalu-lintas yang bekerja.

Bagian pokok karakteristik arus lalu-lintas meliputi volume kendaraan, komposisi kendaraan, kualitas pelayanan, kondisi medan dan ekonomi.

##### **2.1.1 Volume Lalu-Lintas**

Volume lalu-lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik pada jalan untuk satu satuan waktu. Pada kenyataannya volume yang terjadi tidak akan selalu teratur (bervariasi), jika menghendaki volume rata-rata, maka pengukurannya dalam suatu periode yang cukup panjang.

Jika suatu jalan raya akan ditingkatkan pelayanannya maka diadakan penghitungan lalu-lintas, atau bila untuk suatu lokasi baru, dibuat suatu perkiraan. Kemudian nilai-nilai ini diproyeksikan untuk tahun rencana, untuk ditentukan sebagai volume lalu-lintas rencana (VLLR). VLLR dinyatakan dalam lalu-lintas harian rata-

rata tahunan (LHR tahunan), karena umumnya sulit untuk memperkirakan volume per jam untuk masa depan bagi jalan raya tertentu. VLLR pada spesifikasi ini dinyatakan dalam satuan mobil penumpang smp. [Spesifikasi Sandar untuk Perencanaan Geometrik Jalan, 1990: hal 4 (5) ]

### **2.1.2 Komposisi Kendaraan**

Adanya berbagai moda angkutan dan berat kendaraan akan mempunyai karakteristik yang berbeda. Untuk memudahkan dalam perencanaan, maka dibagi dalam beberapa golongan yaitu :

#### **1. kendaraan pribadi**

Kendaraan pribadi meliputi : sedan, jeep, station, pick-up bak terbuka atau tertutup dan station untuk angkutan umum.

#### **2. angkutan penumpang bus**

Golongan ini meliputi : bus jarak jauh, bus wisata dan bus jarak dekat.

#### **3. angkutan barang ringan**, meliputi truk ringan (dua as)

#### **4. angkutan barang berat**, meliputi truk berat (tiga as atau lebih)

#### **5. kendaraan roda dua bermotor**

#### **6. kendaraan tak bermotor**

Yang termasuk jenis kendaraan tak bermotor adalah andong, becak, gerobak dan sepeda. [Sumber data : DLLAJR Yogyakarta]

Dalam hubungannya dengan kapasitas jalan, pengaruh dari setiap jenis kendaraan tersebut terhadap keseluruhan arus lalu-lintas diperhitungkan dengan membandingkan (dikonversikan) terhadap pengaruh dari satu mobil penumpang yang dipakai sebagai satuannya (SMP) seperti pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Koefisien Kendaraan dalam SMP

Jenis Kendaraan	Angka persamaan
Sepeda	0,5
Mobil penumpang/sepeda motor	1,0
Truk ringan (berat kotor < 5 ton)	2,0
Truk sedang (berat kotor > 5 ton)	2,5
Bus	3,0
Truk berat (berat kotor > 10 ton)	3,0
Kendaraan tidak bermotor	7,0

Sumber data : DLLAJR Provinsi D.I. Yogyakarta

Didaerah perbukitan dan pegunungan, koefisien untuk kendaraan bermotor dapat dinaikkan, sedangkan untuk kendaraan tak bermotor tidak perlu dihitung.

### 2.1.3 Kecepatan

Kecepatan merupakan faktor utama dari segala transportasi. Operasi kecepatan yang dipergunakan pengemudi selain tergantung kemampuan dirinya dan kendaraannya juga tergantung dari kondisi sifat fisik jalan, cuaca, adanya kendaraan-kendaraan lain dan pembatasan kecepatan [Fachrurrozi, 1984 : hal. 21 (6)] Pengetahuan akan kecepatan dalam banyak hal selalu digunakan dalam studi maupun perencanaan jalan raya, baik menyangkut kondisi sekarang maupun akan datang, desain dan operasinya.

Kecepatan yang dipakai sebagai ketentuan dalam perencanaan yaitu :

#### 1. kecepatan rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang ditetapkan untuk perencanaan dengan mengkorelasikan semua bentuk-bentuk fisik jalan yang mempengaruhi operasi/jalannya kendaraan.

## **2. kecepatan jalan**

Kecepatan jalan adalah kecepatan pada suatu bagian jalan tertentu jalan raya yaitu hasil pembagian dari jarak yang ditempuh dengan waktu selama kendaraan dalam keadaan bergerak.

## **3. kecepatan relatif**

Kecepatan relatif adalah jumlah faktor perencanaan pertemuan kendaraan dalam arah lalu-lintas yang bertemu pada waktu mendekati titik tabrakan. Pengetahuan kecepatan relatif dipakai untuk perencanaan pertemuan jalan.

Salah satu faktor yang menentukan besarnya biaya operasi kendaraan adalah kecepatan jalan. Semakin tinggi kecepatan jalan untuk kondisi jalan dan jenis kendaraan yang sama maka semakin rendah biaya operasi kendaraannya. Kecepatan jalan akan semakin rendah untuk volume atau kapasitas yang semakin besar dan untuk jalan yang semakin sempit.

### **2.2 Tinjauan Geometrik**

Dalam merencanakan jalan raya, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu-lintas sesuai dengan fungsinya. Elemen-elemen utama yang digunakan untuk pengelompokan standar perencanaan geometrik adalah fungsi jalan raya, volume lalu-lintas rencana dan kondisi medan.

#### **2.2.1 Klasifikasi Fungsi Jalan Raya**

Menurut peraturan No. 13/1980 tentang jalan, mengelompokkan jalan raya menjadi 3 katagori berdasarkan fungsinya sebagai berikut :

### **1. jalan arteri**

Melayani angkutan primer yang memerlukan rute jarak jauh, kecepatan rata-rata yang tinggi dan sejumlah jalan masuk yang terbatas yang dipilih secara efisien.

### **2. jalan kolektor**

Melayani penampungan dan pendistribusian transportasi yang memerlukan rute jarak sedang, kecepatan rata-rata yang sedang dan mempunyai jalan masuk yang jumlahnya terbatas.

### **3. jalan lokal**

Melayani transportasi lokal yang memerlukan rute jarak pendek, kecepatan rata-rata yang rendah dan mempunyai jalan masuk dalam jumlah yang tak terbatas.

#### **2.2.2 Volume Lalu-Lintas Rencana**

Tahun rencana yang direkomendasikan untuk penentuan VLLR adalah 10 sampai 20 tahun mendatang meskipun hal ini tergantung pada karakteristik dan pentingnya jalan raya tersebut. Dalam menghitung VLLR, kendaraan tidak bermotor tidak diperhitungkan sebab pengoperasiannya jauh berbeda dibandingkan kendaraan bermotor dan pengaruhnya atas lalu-lintas kendaraan bermotor berubah tergantung volume lalu-lintas kendaraan bermotor itu sendiri. Tidak selayaknya untuk beranggapan bahwa suatu kondisi perencanaan geometri jalan akan sesuai bagi kendaraan bermotor maupun tak bermotor.

### 2.2.3 Klasifikasi Kondisi Medan

Menurut Sukarno, [Bahan Kuliah Jalan Raya II, 1988 : hal. 4 (10)] topografi daerah berkaitan dengan bentuk dan ketinggian suatu daerah serta berperan dalam menempatkan dan merencanakan jalan raya.

Untuk membatasi biaya pembangunan jalan maka standar perlu disesuaikan dengan keadaan topografi. Klasifikasi medan umumnya dibuat dengan melihat besarnya lereng melintang dalam arah yang kurang lebih tegak lurus as jalan raya. Klasifikasi medan yang dipakai di Indonesia seperti tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Klasifikasi Medan dan Besarnya Lereng Melintang

Jenis Medan	Kemiringan Melintang
Datar (D)	0 - 9,9 %
Perbukitan (PB)	10 - 24,9 %
Pegunungan (PG)	> 25 %

Sumber : Spesifikasi Standar untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota Perencanaan Teknis Jalan Bipran Bina Marga DPU, 1990

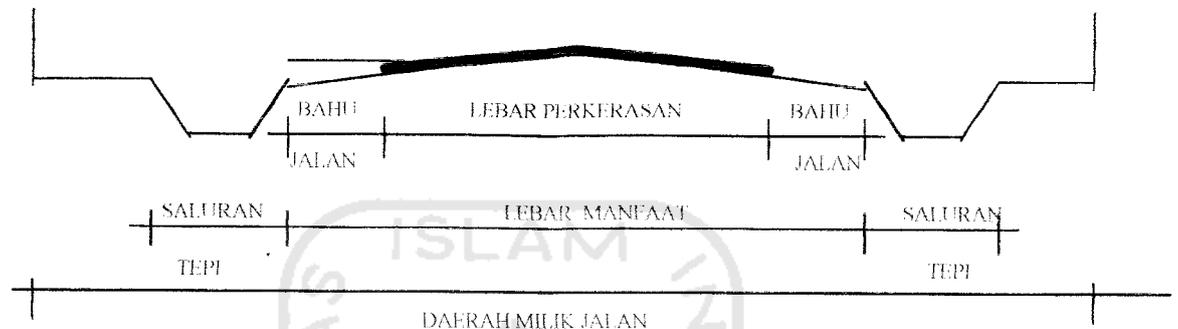
Kondisi medan ruas jalan yang diproyeksikan harus diperkirakan untuk keseluruhan panjang jalan.

### 2.3 Disain Jalan Raya

Pada disain jalan raya yang harus ditentukan pertama kali adalah landai memanjang serta kecepatan rencana setelah faktor-faktor tertentu misalnya pentingnya jalan tersebut, perkiraan jumlah dan karakter lalu-lintas, keadaan medan, serta tersedianya dana. Kecepatan rencana dan landai memanjang memberikan dasar-dasar penetapan standar minimum untuk alinyemen horizontal dan vertikal [Oglesby, 1982 : hal. 315 (9)]

### 2.3.1 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan adalah suatu gambar yang menunjukkan bentuk dan susunan bagian-bagian jalan yang bersangkutan serta kedudukannya dalam arah melintang (seperti pada gambar 2.1)



**Gambar 2.1** Penampang melintang jalan

**Sumber data :** Silvia Sukirman, Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan (1994, hal. 20, [10])

#### 1. lebar lajur

Faktor keamanan dan kenyamanan dalam mengemudi akan lebih terasa apabila lebar dan kondisi permukaan jalan sesuai dengan beban lalu-lintas yang dilayani. Pada saat sebuah kendaraan berpapasan dengan kendaraan lain dari depan, atau menyiap kendaraan lain yang bergerak lebih lambat, posisi yang akan dipilih pengemudi tergantung pada lebar jalan atau bagian jalan yang diperkeras.

Lebar lajur terdiri atas lebar kendaraan dan ruang bebas menyiap yang berubah menurut kecepatan kendaraan. Pada jalan raya 2 arah disyaratkan lebar lajur 3,5 m untuk memungkinkan ruang bebas yang diizinkan diantara truk atau kendaraan komersial lainnya.

#### 2. bahu jalan

Bahu jalan adalah suatu lajur dari lebar manfaat jalan yang berdampingan dengan lajur lalu-lintas. Fungsi bahu jalan dari segi trafik antara lain : (a) tempat

parkir, (b) menyediakan ruang bebas samping (kelegaian) bagi lalu-lintas, (c) meningkatkan jarak pandang pada tikungan, (d) ruangan untuk menghindarkan diri di saat-saat darurat dan (e) ruangan pemasangan tanda-tanda lalu-lintas. Dari segi struktur berfungsi sebagai : (a) pelindung bagian utama jalan dari arah samping sehingga tidak mudah terkikis atau rusak, (b) ruangan pembantu pada waktu perbaikan atau pemeliharaan (menempatkan alat-alat, (c) tempat penimbunan bahan bangunan) dan (d) sebagai trotoar (dalam hal belum tersedianya trotoar)

Lebar bahu jalan harus ditentukan dengan mempertimbangkan manfaat maupun biaya pembangunannya. Bahu jalan yang sempit dapat meningkatkan gangguan dari sisi jalan dan mengganggu kapasitas jalan raya. Jika ada trotoar disamping bahu jalan, maka bahu jalan dapat dipersempit sampai 0,5 meter. Permukaan bahu harus berada pada ketinggian yang sama seperti tepi perkerasan baik diberi perkerasan maupun tidak.

### **3. drainasi**

Perlengkapan drainasi merupakan bagian yang sangat penting dari suatu jalan (misalnya saluran tepi, saluran melintang dan lain-lain) untuk membebaskan atau paling tidak mengurangi pengaruh jelek dari air/air hujan terhadap konstruksi perkerasan jalan. Drainasi permukaan direncanakan berdasarkan antara lain : (a) hidrologi, yaitu memperkirakan tingkat limpasan permukaan maksimum yang harus diatasi, (b) disain hidrologi, yaitu memilih jenis dan ukuran fasilitas drainasi yang paling ekonomis dan memenuhi jumlah aliran yang diperkirakan dan (c) memastikan bahwa disain yang dibuat tidak menimbulkan erosi/perubahan pada lingkungan. Pada saluran tepi jalan sering kali digunakan dinding saluran yang curam sebab bila tidak akan membutuhkan ruang yang terlalu lebar.

#### 4. kebebasan samping (“marginal areas”)

Kebebasan samping adalah ruang atau daerah yang terbuka dan datar di sepanjang tepi jalan yang berfungsi sebagai jalur penyelamat di sepanjang jalan bersangkutan, sehingga apabila dimungkinkan disain jalan yang baru sebaiknya memasukkan juga persyaratan ini. Lebar kebebasan samping di daerah perkotaan umumnya lebih kecil, tergantung dari keterbatasan pada ruang yang tersedia, apabila tidak tersedia areal yang terbuka dan datar disyaratkan menggunakan pagar pengaman (peredam tabrakan) yang dipasang pada jarak  $\pm 0,60$  m dari bahu jalan. Pada jalan bebas hambatan jalur penyelamat dibuat dengan arah menanjak atau dengan lapisan batuan lepas yang tebal yang dapat menghentikan kendaraan.

#### 2.3.2 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal harus ditetapkan dengan sebaik-baiknya untuk memenuhi syarat-syarat dasar lalu-lintas dan mempertimbangkan penyediaan drainasi yang cukup baik serta memperkecil pekerjaan tanah yang diperlukan.

##### 1. jari-jari minimum

Jari-jari lengkung minimum untuk kecepatan rencana yang berlainan, didasarkan pada superelevasi maksimum dan gesekan sisi dengan rumus :

$$R = \frac{V^2}{127(f+i)}$$

di mana :

- R = jari-jari minimum (m)
- V = kecepatan rencana (km/jam)
- f = koefisien gesekan sisi (0,4 - 0,8)
- V = kecepatan rencana (km/jam)
- i = superelevasi (tangen)

Secara teoritis, laju kecepatan di tikungan dapat dipertahankan asalkan nilainya tidak mencapai /melampaui harga maksimum.

## **2. pelebaran pada tikungan**

Jalan kendaraan pada tikungan perlu diperlebar untuk menyesuaikan dengan lintasan lengkung yang ditempuh kendaraan, hal ini karena :

- a. Kecenderungan kendaraan terlempar keluar dari tepi perkerasan.
- b. Meningkatnya lebar efektif kendaraan karena ban depan dan belakang kendaraan tidak melintasi satu garis.
- c. Pertambahan lebar karena posisi kendaraan yang miring terhadap as jalan.

Pada tempat-tempat dimana kendaraan harus menikung tajam seperti pada perempatan jalan /putaran jalan, jari-jari tikungan dalam dan pelebaran merupakan hal-hal yang harus diperhatikan dalam tahap disain.

## **3. kemiringan melintang**

Untuk drainasi permukaan jalan dengan alinyemen lurus membutuhkan kemiringan melintang yang normal sebesar 2 % untuk aspal beton/perkerasan beton dan 3 % - 5 % untuk perkerasan makadam /jenis perkerasan lainnya dan jalan batu kerikil.

## **4. lengkung peralihan**

Lengkung peralihan adalah lengkung pada tikungan yang dipergunakan untuk mengadakan peralihan dari bagian jalan yang lurus ke bagian jalan yang mempunyai jari-jari lengkung dengan miring tikungan tertentu atau sebaliknya.

Lengkung peralihan dipasang pada bagian awal, diujung dan dititik balik pada lengkung untuk menjamin perubahan yang tidak mendadak pada jari-jari lengkung, superelevasi dan pelebaran.

### **5. pandangan bebas pada tikungan**

Pada tikungan yang mempunyai panjang jarak pandang tertentu, maka tikungan itu perlu mempunyai lebar pandangan bebas yang sesuai. Jika ruang bebas samping tidak sesuai di lokasi jalan, maka jalan perlu diperlebar.

#### **2.3.3 Alinyemen Vertikal**

Alinyemen vertikal adalah garis potong yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan dengan bidang permukaan jalan yang bersangkutan. Alinyemen vertikal menyatakan bentuk geometri jalan dalam arah vertikal, yang menunjukkan ketinggian dari setiap titik serta bagian-bagian penting jalan lainnya ( biasa disebut dengan penampang memanjang jalan) yang memberikan pengaruh pada kecepatan, perlambatan, jarak pandangan dan kenyamanan pergerakan pada kecepatan tinggi.

#### **1. landai jalan**

Landai jalan adalah suatu angka yang menunjukkan besarnya kenaikan atau penurunan vertikal jalan dalam suatu satuan jarak horizontal yang dinyatakan dalam %, bila positif (+) % berarti jalan itu naik dan kelandaian negatif (-) % berarti jalan itu turun.

Dalam perencanaan kelandaian perlu diperhatikan panjang landai maksimum (landai kritis) yang tidak menghasilkan pengurangan kecepatan yang dapat mengganggu kelancaran jalan lalu-lintas. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga panjang landai kritis yang ditetapkan, seperti pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Panjang Landai Kritis

Landai ( % )	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang kritis (m)	480	330	250	200	170	150	135	120

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, Bina Marga DPU

## 2. lengkung vertikal

Diperlukan pada perubahan kelandaian untuk menyerap guncangan dan menjamin jarak pandang untuk berhenti dan menyiap agar kenyamanan pengendara pada saat berubah dari kemiringan satu ke kemiringan lainnya dapat dipertahankan.

## 2.4 Kapasitas Jalan

Kapasitas satu ruas jalan adalah jumlah kendaraan maksimum yang memiliki kemungkinan yang cukup untuk melewati ruas jalan tersebut (dalam 1 maupun 2 arah) dalam periode waktu tertentu dibawah kondisi jalan serta lalu-lintas yang umum. Definisi tersebut terdapat istilah-istilah yang penjelasannya sebagai berikut :

### 1. Jumlah kendaraan

Umumnya kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per jam, truk dan bus yang bergerak didalamnya mengurangi besarnya kapasitas.

### 2. Maksimum

Biasanya kapasitas yang menunjukkan volume maksimum yang dapat ditampung jalan raya, yaitu pada keadaan lalu-lintas yang bergerak lancar tanpa kemacetan.

### 3. Kemungkinan yang layak

Besarnya kapasitas tidak dapat ditentukan dengan tepat karena banyaknya variabel yang mempengaruhi arus lalu-lintas, terutama pada volume tinggi.

#### **4. Jumlah arah lalu-lintas**

Pada jalan berlajur banyak, lalu-lintas pada 1 arah bergerak tanpa dipengaruhi oleh yang lainnya, sedangkan jalan 2 arah yang memiliki 2 atau 3 buah lajur, terdapat inter aksi antar lalu-lintas pada kedua arah tersebut, hal ini mempengaruhi arus lalu-lintas dan kapasitas jalan.

#### **5. Periode waktu tertentu**

Berhubung arus lalu-lintas kenyataannya bervariasi maka biasanya volume dan kapasitas dinyatakan dalam periode yang singkat (5 atau 15 menit). Variasi yang terjadi dalam waktu 1 jam dinamakan faktor jam sibuk ("PHF"), yang besarnya kurang atau sama dengan 1, yaitu perbandingan dari volume tiap jam dengan volume terbesar pada periode terpendek dalam jumlah periode 1 jam.

#### **6. Kondisi jalan dan lalu-lintas yang umum**

Kondisi jalan yang umum menyangkut isi fisik sebuah jalan yang mempengaruhi kapasitas seperti lebar lajur dan bahu jalan, jarak pandang serta landai jalan. [Oglesby, Teknik Jalan Raya, 1988 : hal 273 (9) ].

### **2.5 Tingkat Pelayanan**

Dalam HCM, disebutkan bahwa kecepatan bukanlah satu-satunya variabel yang penting untuk tingkat pelayanan, ukuran komprehensif mengenai tingkat pelayanan ini meliputi faktor-faktor antara lain : kecepatan (waktu perjalanan), halangan lalu-lintas (berhenti, perubahan kecepatan tiba-tiba), kebebasan untuk manuver, keamanan dan kenyamanan serta biaya operasi. Dalam menentukan nilai faktor-faktor tersebut masih sulit (belum ada), maka HCM menggunakan : kecepatan

yang merupakan kecepatan rata-rata ruang dan rasio antara volume lalu-lintas sebenarnya dengan kapasitas jalan ( $v/c$ ), dimana kapasitas ini merupakan volume lalu-lintas maksimum yang dapat ditampung jalan tersebut. [Morlock, Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi, 1985: hal 212 (8) ].

### **2.5.1 Pembagian Tingkat Pelayanan**

Tingkat pelayanan ditentukan dalam suatu skala interval yang terdiri dari 6 tingkat yaitu : A, B, C, D, E, dan F, yang mencerminkan kondisinya pada volume tingkat pelayanan tertentu, dimana A merupakan tingkat pelayanan tertinggi (hampir ideal) dan seterusnya. Apabila volume bertambah maka tingkat pelayanan berkurang, akibat dari arus lalu-lintas yang berkurang nilainya, disebabkan antara lain : kecepatan dan kebebasan manuvernya berkurang karena bertambah banyaknya kendaraan yang ada, serta keamanan dalam mengemudi juga berkurang karena harus lebih mengawasi gerakan kendaraan-kendaraan lainnya yang lebih dekat.

Hubungan secara umum antara tingkat pelayanan dengan kapasitas terlihat pada gambar 2.2. Definisi dari setiap tingkat pelayanan juga diberikan pada gambar tersebut.

### **2.5.2 Dasar-dasar Penentuan Tingkat Pelayanan**

Dua tolok ukur terbaik untuk melihat tingkat pelayanan pada suatu kondisi lalu-lintas arus terganggu adalah kecepatan operasi dan perbandingan antara volume dengan kecepatan yang disebut  $v/c$  ratio. [Ogleby, Teknik Jalan Raya, 1988 : hal 279 (9) ].

- $f_w$  = faktor penyesuaian untuk jalan sempit yang dibatasi oleh lebar bahu jalan  
 $f_{hv}$  = faktor penyesuaian dengan adanya kendaraan berat pada aliran lalu-lintas  
 $P_T$  = perbandingan truk di dalam arus lalu-lintas  
 $P_R$  = perbandingan mobil wisata di dalam arus lalu-lintas  
 $P_B$  = perbandingan bus dalam arus lalu-lintas  
 $E_T$  = perbandingan mobil penumpang dengan truk  
 $E_R$  = perbandingan kendaraan wisata dengan truk  
 $E_B$  = perbandingan bus dengan truk

[Sumber : HCM, 1985: hal. 8-8 (11) ]

Dalam hubungannya dengan kapasitas jalan, pengaruh dari setiap jenis kendaraan terhadap keseluruhan arus lalu-lintas dikonversikan dulu ke dalam satuan mobil penumpang (smp), untuk jalan di daerah datar digunakan koefisien seperti pada tabel 2.1.

## 2.6 Perkiraan Lalu-Lintas

Perencanaan elemen geometri harus dipersiapkan untuk dapat digunakan oleh lalu-lintas selama tahun perencanaan. Umur perencanaan umumnya bervariasi antara 15 - 20 tahun. Perhitungan lalu-lintas masa datang menurut Sukarno, [Materi kuliah Jalan Raya II, 1988 (10) ] harus dihitung dengan memasukkan komponen-komponen :

### 1. Lalu-lintas sekarang, terdiri dari :

- a. Lalu-lintas yang ada, yaitu volume lalu-lintas yang menggunakan fasilitas jalan raya pada saat sekarang.

- b. Lalu-lintas yang tertarik, yaitu lalu-lintas yang menggunakan jalan raya tersebut karena fasilitas baru (misalnya peningkatan jalan, jalan baru dan sebagainya)

**2. lalu-lintas masa datang**, terdiri dari :

- a. Pertumbuhan lalu-lintas normal, yaitu pertumbuhan lalu-lintas yang diakibatkan bertambahnya jumlah penduduk. Kalau dianggap pertumbuhan penduduk sebanding dengan pertumbuhan lalu-lintas, maka pertumbuhan lalu-lintas ini dapat diperkirakan.
- b. Lalu-lintas yang dibangkitkan, yaitu lalu-lintas yang tidak akan ada kalau prasarana baru tidak diadakan, terdiri dari :
  - i) lalu-lintas yang teralihkan, yaitu lalu-lintas yang beralih ke jalan lain.
  - ii) lalu-lintas yang terserap, yaitu lalu-lintas baru yang ada karena tersedianya fasilitas baru (misalnya pada daerah yang baru dibuka).
- c. “Development traffic”, yaitu lalu-lintas yang ada karena perbaikan daerah yang berdampingan/berbatasan meskipun jalan baru dibangun atau tidak dibangun.

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan lalu-lintas pada suatu daerah sangat dipengaruhi oleh :

**1. Pertumbuhan jumlah penduduk**

Bertambahnya jumlah penduduk pada suatu daerah akan menyebabkan bertambahnya kebutuhan akan sarana transportasi.

## **2. Kondisi sosial ekonomi**

Semakin membaiknya kondisi sosial ekonomi masyarakat, maka akan meningkat pula jumlah kepemilikan kendaraan sehubungan dengan kebutuhan dengan sarana transportasi.

## **3. Tata pola penggunaan tanah**

Tata guna tanah pada jalur Yogyakarta-Parangtritis kebanyakan dipergunakan untuk pertokoan, universitas, tanah wisata, pertanian dan perkebunan.

### **2.7 Metode Perhitungan Konstruksi**

Pada bagian ini menjelaskan tentang pedoman perencanaan dan urutan perhitungannya dari jenis konstruksi yang akan digunakan.

#### **2.7.1 Tahapan dan Jenis Perhitungan**

Untuk mewujudkan pekerjaan konstruksi jalan raya sebagai alternatif terpilih diperlukan perhitungan konstruksi agar dapat memenuhi standar yang ditetapkan.

Di dalam perhitungan ini dibagi dalam beberapa macam dan tahapan sebagai berikut :

1. Perhitungan tebal perkerasan untuk daerah pelebaran (“Widening”).
2. Perhitungan tebal tambahan perkerasan (“Overlay”) pada jalan lama.

#### **2.7.2 Dasar-Dasar Perencanaan Konstruksi**

Sebagai dasar dalam perencanaan konstruksi ini menggunakan peraturan yang memenuhi standar spesifikasi yang ada :

1. Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkleman Nomer O1/MN/B/ 1983, Direktorat Jendral Bina Marga, Dept. Pekerjaan Umum.
2. Penentuan Tebal Perkerasan (“flexibel”) Jalan Raya No. O4/PD/BM/1974, Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
3. Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya No. 13/1970, Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
4. Spesifikasi Standar untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota (Rancangan Akhir) 1990, Sub Direktorat Perencanaan Teknis Bipran Bina Marga.

### 2.7.3 Metode Perhitungan Lendutan Balik

Berdasarkan pemeriksaan manual perkerasan jalan dengan alat “Benkelmen Beam”, maka akan diperoleh data di lapangan yang berupa hasil pembacaan, sehingga nilai lendutan balik untuk tiap titik-titik tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$d = 2 (d_3 - d_1) \times f_t \times C$$

di mana :

- |       |   |  |       |   |                       |
|-------|---|--|-------|---|-----------------------|
| $d$   | = | lendutan balik (mm)  | $d_2$ | = | pembacaan antara (mm) |
| $d_1$ | = | pembacaan awal (mm)  | $d_3$ | = | pembacaan akhir (mm)  |
| $C$   | = | faktor pengaruh air tanah  |       |   |                       |
|       |   | Bila pemeriksaan dilakukan pada keadaan kritis, maka $C=1,5$         |       |   |                       |
| $f_t$ | = | faktor penyesuaian suhu lapis permukaan ( $t_1$ ) atau dari grafik 4 |       |   |                       |
| $t_1$ | = | $1/3 (t_p + t_t + t_b)$  |       |   |                       |
| $t_p$ | = | temperatur dari permukaan data lapangan                              |       |   |                       |
| $t_t$ | = | temperatur tengah dari data lapangan /grafik 4 (lampiran 11)         |       |   |                       |
| $t_b$ | = | temperatur bawah dari data lapangan/grafik 4 (lampiran 11)           |       |   |                       |

### Menentukan rumus umum dari lendutan balik :

- Pada kedudukan I : - lendutan turun sebesar = d  
 - pembacaan awal  $d_1 = 0$  (dibuat nol)
- Pada kedudukan II : - lendutan kembali = y  
 : - pembacaan antara  $d_2 = 1/2 y$   
 ( perbandingan 1 : 2 )
- Pada kedudukan III : - lendutan kembali pada semula = 0  
 : - pembacaan akhir =  $1/2 d$

Hubungan pembacaan arloji pengukuran dengan besarnya lendutan :

$$d_1 = 0$$

$$d_3 = 1/2 d \Rightarrow \text{maka : } d_3 + d_1 = 1/2 d$$

$$d = 2(d_3 - d_1)$$

Digambar nilai lendutan balik titik pemeriksaan yang diperoleh dari rumus lendutan balik pada pemeriksaan perkerasan dengan alat "Benkleman Beam". Jika titik pemeriksaan menggunakan lebih dari satu alat "Benkleman Beam", maka digambar nilai lendutan balik rata-rata dari titik pemeriksaan tersebut kedalam bentuk grafis.

Langkah selanjutnya ditetapkan panjang suatu seksi jalan dengan mengusahakan tiap-tiap seksi jalan mempunyai lendutan maksimum yang sama, atau dengan rumus :

$$\overline{\Delta FK} = 477 \cdot n^{-1.77} \quad \text{untuk} \quad 4 \leq n \leq 21$$

$$\overline{\Delta FK} = 2 \quad \text{untuk} \quad n > 21$$

$$\overline{\Delta FK} = FK_N - FK_{N-1}$$

$$FK = \frac{S}{\bar{d}} \times 100 \%$$

Dengan :  $FK_N$  = faktor keseragaman dengan jumlah titik pemeriksaan = n

$FK_{N-1}$  = faktor keseragaman dengan jumlah titik pemeriksaan = n - 1

Untuk menentukan besarnya lendutan balik yang mewakili suatu seksi jalan dipergunakan rumus-rumus yang disesuaikan dengan fungsi jalan, yaitu :

$$D = \bar{d} + 2 S \quad \text{untuk jalan arteri/tol}$$

$$D = \bar{d} + 1,64 S \quad \text{untuk jalan kolektor}$$

$$D = \bar{d} + 1,28 S \quad \text{untuk jalan lokal}$$

Keterangan :

$D$  = lendutan balik yang mewakili suatu seksi jalan

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{n} \quad (\text{lendutan balik rata-rata dalam satu seksi jalan})$$

$d$  = lendutan balik tiap titik di dalam seksi jalan

$n$  = jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan

$$S = \sqrt{\frac{n(\sum d^2) - (\sum d)^2}{n(n-1)}} \quad (\text{standar deviasi})$$

#### 2.7.4 Metode Perhitungan Tebal Tambahan Perkerasan (“Overlay”)

Urutan perhitungan dalam menghitung tebal tambahan perkerasan :

1. Mencari data-data lalu-lintas yang diperlukan pada jalan yang bersangkutan antara lain : Lalu-lintas Harian Rata-rata (LHR) yang dihitung untuk 2 arah pada jalan tanpa median dan untuk masing-masing arah pada jalan dengan median. Untuk

jumlah lalu-lintas rencana ditentukan atas dasar jumlah lajur dan jenis kendaraan seperti pada tabel 2.4 berikut ini.

**Tabel 2.4** Koefisien Distribusi Kendaraan

Tipe jalan	Kendaraan ringan (●)		Kendaraan berat (●●)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,450
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,40

(●) misalnya : mobil penumpang ; pick-up ; station

(●●) misalnya : bus ; truk ; traktor ; trailer

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (1987), DPU

Pada jalan-jalan bebas hambatan tipe jalan 2 x 2 lajur, dengan ketentuan kendaraan lebih banyak menggunakan lajur kiri, tetapi diambil antara 50 - 100 % dari LHR satu arah, tergantung banyaknya kendaraan yang menggunakan lajur kiri tersebut.

2. Dengan menggunakan tabel 1 pada lampiran 1, dihitung besarnya jumlah ekivalen harian rata-rata dari satuan 8,16 ton (18 Kips = 18.000 lbs) beban as tunggal, dengan cara menjumlahkan hasil perkalian masing-masing jenis lalu-lintas harian rata-rata tersebut, baik kosong maupun bermuatan dengan faktor ekivalen yang sesuai (faktor ekivalen kosong atau isi).
3. Menentukan umur rencana dan perkembangan lalu-lintas (lampiran 2, tabel 2. faktor umur rencana N), atau dengan rumus :

$$N = \frac{1}{2} \left[ 1 + (1 + R)^n + 2(1 + R) \frac{(1 + R)^{n-1} - 1}{R} \right]$$

4. Menentukan jumlah beban lalu-lintas secara akumulatif selama umur rencana dengan menggunakan rumus :

$$AE\ 18\ KSAL = 365 \times N \times \sum_{\substack{\text{Mobil Penumpang} \\ \text{Traktor-Trailer}}} m \times UE\ 18\ KASL$$

Keterangan :

AE 18 KSAL = Accumulative Equivalent 18 Kip Single Axle Load

UE 18 KSAL = Unit Equivalent 18 Kip Single Axle Load

365 = Jumlah hari dalam satu tahun

N = Faktor umur rencana yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalu-lintas

M = Jumlah masing-masing lalu-lintas

5. Berdasarkan hasil AE 18 KSAL dari grafik 1 (lampiran 3) dan grafik 2 (lampiran 4) hubungan antara lendutan balik yang diizinkan, maka akan diperoleh lendutan balik yang diizinkan.
6. Berdasarkan lendutan balik yang ada (sebelum diberi lapisan tambahan) dan grafik 3 (pada lampiran 5), dapat ditentukan tebal lapis tambahan yang nilai lendutan baliknya tidak boleh melebihi lendutan balik yang diizinkan.
7. Lapis tambahan tersebut adalah aspal beton (faktor konversi balik = 1) yang dapat diganti lapis tambahan lain dengan menggunakan faktor konversi relatif konstruksi perkerasan.

### 8. Catatan khusus penggunaan kurva

- a. Kurva kritis ( $y = 5,5942 \cdot e^{-0,2769 \log X}$ ) dipakai pada jalan- jalan yang mempunyai lapis permukaan AC (fleksibilitas tinggi, kurang kedap air).
- b. Kurva failure ( $y = 8,6685 \cdot e^{-0,2769 \log X}$ ) dipakai pada jalan- jalan yang mempunyai lapis permukaan AC (fleksibilitas rendah, kedap air)

### Perhitungan umur sisanya sebagai berikut :

1. Berdasarkan lendutan balik yang ada (sebelum diberi lapisan tambahan) dan grafik hubungan antara lendutan balik yang diizinkan dengan garis lendutan kritis/failure akan diperoleh AE 18 KSAL yang diizinkan (lampiran 3, grafik No. 1 dan lampiran 4, grafik No. 2).
2. Menentukan faktor umur rencana dengan rumus :

$$N = \frac{\text{AE 18 KSAL}}{365 \times \left( \frac{\text{Mobil Penumpang}}{\sum m} \times \text{UE 18 KSAL} + \text{Traktor - Trailer} \right)}$$

3. Menentukan Umur Sisa (Sisa Pelayanan) jalan dengan rumus :

$$n = \frac{\text{Log} \left( 2N + \frac{2}{R} + 1 \right) - \text{Log} \left( \frac{2}{R} - 1 \right)}{\text{Log} (R + 1)}$$

Keterangan :

$n$  = Umur sisa jalan ;  $N$  = Faktor umur rencana

$R$  = Perkembangan lalu-lintas

### 2.7.5. Metode Perhitungan Tebal Perkerasan pada Daerah Pelebaran

Langkah-langkah perhitungan :

1. Data lalu-lintas harian rata-rata (LHR) tahun 1995, yaitu dari data sekunder (kendaraan/ hari/2 lajur)
2. LHR masa perencanaan dan masa pelaksanaan (n) = ..... tahun  
 Perkembangan (pertumbuhan) lalu-lintas (i) = ..... %  

$$LHR_n = LHR_{awal} (1 + i)^n$$
3. LHR masa umur rencana (n) = ..... tahun  
 Pertumbuhan lalu-lintas (i) = ..... %  

$$LHR_n = LHR (1 + i)^n$$
4. 
$$LHR \text{ rata-rata} = \frac{LHR \text{ masa perencanaan} + LHR \text{ U.R.}}{n}$$
5. Mencari prosentase jenis kendaraan
6. Berdasarkan kendaraan berat untuk menentukan Faktor Regional (FR) (lampiran 6, tabel 3)
7. Mencari angka ekivalen (E) untuk masing-masing kendaraan dengan menggunakan rumus :  

$$\text{Sumbu tunggal} = \left[ \frac{\text{beban satu sumbu tunggal}}{8160} \right]^4$$

$$\text{Sumbu ganda} = 0,086 \times \left[ \frac{\text{beban satu sumbu tunggal}}{8160} \right]^4$$

Atau dengan menggunakan (Lampiran 6, tabel 4).
8. Menentukan prosentase kendaraan pada lajur rencana untuk menentukan koefisien distribusi (C) ..... (lampiran 7, tabel 5)
9. Menghitung lintasan ekivalen permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{\text{Mobil Penumpang}}^{\text{Trailer}} LHR \cdot C \cdot E$$

10. Menghitung lintasan ekivalen akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{\text{Mobil Penumpang}}^{\text{Trailer}} LHR (1+i)^{UR} \cdot C \cdot E$$

11. Menghitung lintasan ekivalen tengah (LET)

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2}$$

12. Menghitung lintasan ekivalen rencana (LER) :

$$LER = LET \cdot FP$$

$$FP \text{ (faktor penyesuaian)} = UR / 10$$

13. Menghitung indeks tebal perkerasan (ITP)

Data : DDT, LER, IP, IP<sub>o</sub> dan FR

Dengan nomogram 1 (Lampiran 8), dipotongkan maka akan didapat harga ITP

14. Menentukan koefisien kekuatan relatif.

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaan sebagai lapis permukaan pondasi, pondasi bawah ditentukan secara korelasi sesuai dengan nilai Marshall Test (lampiran 9, tabel 6)

15. Menentukan batas-batas minimum tebal perkerasan (lampiran 10, tabel 7)

16. Menentukan tebal perkerasan

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

$a_1, a_2, a_3$  = koefisien kekuatan relatif bahan-bahan perkerasan

$D_1, D_2, D_3$  = Tebal masing-masing lapisan