

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sifat - sifat Arus Lalulintas

2.1.1. Umum

Hal utama yang selalu menjadi perhatian dalam perencanaan dan pengoperasian dari suatu sistem jalan adalah arus dari sekelompok kendaraan yang akan menggunakan jalan tersebut. Sehubungan dengan perencanaan lajur, tanda-tanda lalulintas maupun peraturan lalulintas, maka arus lalulintas pada suatu jalan raya akan selalu mengarah dalam lajur lalulintas.

Dengan demikian maka arus lalulintas dapat diklasifikasikan dalam jumlah lajur gerakan lalulintas (jumlah lajur dan arah arus). Bagian utama dari arus lalulintas adalah : volume, kualitas, komposisi, biaya, asal dan tujuan. (Edward K Morlock, Pengantar teknik dan perencanaan Transportasi, [6, p. 212])

2.1.2. Volume Lalulintas

Sebagai pengukur jumlah dari arus digunakan istilah volume, yang menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik dalam satu satuan waktu. Untuk satu jalan volume yang terjadi tidak selalu tetap. Beberapa faktor yang berhubungan dengan variasi volume adalah : waktu (misalnya musim dalam satu tahun, hari dalam satu minggu, jam dalam hari), komposisi, pembagian jurusan,

susunan lajur jalan, jenis penggunaan daerah, klasifikasi jalan, sifat jalan (jalan rekreasi, jalan untuk industri, dll) dan geometrik jalan. Pengetahuan tentang volume ini sangat berguna sebagai pertimbangan dasar, penggunaan sarat-sarat perencanaan yang lebih teliti. Hal ini bukan hanya untuk keperluan geometrik, tetapi juga untuk keperluan konstruksi dan perencanaan.

Satuan yang digunakan adalah lalulintas harian rata-rata (LHR atau ADT = Average Daily Traffic) yaitu jumlah satuan lalulintas dalam satu tahun dibagi banyak hari dalam satu tahun tersebut (365 hari).

Namun dalam hal ini yang penting adalah volume pada waktu jam sibuk sebagai volume jam perencanaan (VJP), yang dipakai sebagai dasar perencanaan dalam menentukan tingkat pelayanan (Level of Service) yang berlaku pada suatu jalan raya pada kondisi sekarang. Adapun volume jam sibuk yang didapat masih perlu dikonversikan kedalam satuan mobil penumpang (SMP). (Highway Capacity Manual, 1985, [9, p. 1]).

2.1.3. Komposisi Lalulintas

Didalam perencanaan jalan raya yang juga harus diperhatikan adalah terdapatnya bermacam-macam ukuran dan beratnya kendaraan yang mempunyai sifat yang berbeda.

Truk disamping lebih berat/besar, berjalan lambat, ruang jalan lebih banyak dan sebagai akibatnya memberikan pengaruh yang lebih besar daripada kendaraan mobil penumpang terhadap lalulintas.

Untuk memperhitungkan pengaruh jenis kendaraan terhadap arus lalu lintas dan kapasitas jalan, maka kendaraan dibagi dalam beberapa golongan, yaitu :

1. Kendaraan tak bermotor.

Kendaraan tak bermotor ini adalah semua jenis kendaraan yang tidak menggunakan mesin, seperti sepeda, becak, andong dan lain-lain.

2. Sepeda Motor

Kendaraan jenis ini mempunyai angka ekivalen yang sama dengan mobil penumpang, yaitu 1 (satu). Berarti kendaraan sepeda motor mempunyai sifat operasi yang sama dengan mobil penumpang

3. Mobil Penumpang

Yang termasuk dalam golongan ini adalah semua jenis mobil penumpang dan kendaraan - kendaraan truk ringan seperti pick up dan lainnya dengan ukuran, sifat dan operasi seperti mobil penumpang.

4. Kendaraan truk

Yang termasuk dalam golongan ini adalah truk tunggal, gandengan yang mempunyai berat kotor lebih besar dari 5 ton dan kendaraan bus.

Didalam golongan mobil penumpang meskipun ada perbedaan dari berbagai jenis penumpang, tetapi tidak nyata pengaruhnya terhadap arus lalu lintas. Sedangkan untuk golongan truk yang memberikan pengaruh terhadap arus lalu lintas. Perbedaan tersebut karena adanya variasi dalam berat dan daya.

Didalam memperhitungkan pengaruh berbagai kendaraan dalam arus lalu lintas dipakai mobil penumpang sebagai ukuran standar, karena mempunyai keseragaman dan kemampuan dalam mempertahankan kecepatan jalannya dengan

baik. Sedangkan pengaruh kendaraan truk dapat diperhitungkan dengan membandingkan pada pengaruh mobil penumpang yang berdasarkan hasil penyelidikan berkisar antara 2,5 sampai 3 kali mobil penumpang.

Di Indonesia pada umumnya arus lalu lintas masih bercampur antara kendaraan yang digerakkan dengan mesin dengan kendaraan yang digerakkan oleh tenaga manusia dan hewan. Untuk penyeragaman jenis kendaraan tersebut terhadap kendaraan mobil penumpang sebagai ukuran standar (SMP = Satuan Mobil Penumpang) dalam perencanaan suatu jalan raya, maka dibuat angka ekuivalen untuk masing-masing jenis kendaraan seperti yang tertera dalam tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1. Koefisien kendaran 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 tak Bermotor	7,0

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Propinsi DIY.

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

2.1.4. Kecepatan

Kecepatan merupakan salah satu petunjuk dari arus lalu lintas. Pada umumnya pengemudi mengukur kualitas perjalanan dari kemampuan mempertahankan kecepatan kendaraannya di jalan sesuai dengan kecepatan yang dikehendaki.

Pengetahuan akan kecepatan ini, dalam banyak hal selalu digunakan dalam studi maupun perencanaan jalan raya baik yang menyangkut kegiatan-kegiatan waktu "planning", "design" maupun operasinya.

Dalam HCM 1985 disebutkan bahwa untuk suatu perencanaan dikenal 2 macam kecepatan yaitu :

1. Kecepatan rencana (design speed) adalah kecepatan yang ditentukan untuk perencanaan dengan mengkorelasikan bentuk fisik jalan yang mempengaruhi operasi jalan.
2. Kecepatan perjalanan (travel speed) yaitu kecepatan kendaraan rata-rata yang dihitung dari jarak yang ditempuh dibagi dengan waktu yang dibutuhkan, termasuk waktu berhenti (misalnya pada lampu lalu lintas).

Dari kecepatan perjalanan ini diperoleh pencatatan lama perjalanan pada waktu jam-jam sibuk untuk masing-masing arah. Data ini diperlukan untuk mengetahui waktu tempuh yang dibutuhkan untuk melalui suatu ruas jalan.

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

kapasitas yang semakin besar dan jalan yang semakin sempit. Untuk menghitung kecepatan rata-rata perjalanan dipergunakan rumus :

$$S = L / t$$

dengan S = kecepatan rata-rata

L = panjang ruas jalan

t = waktu yang dibutuhkan. (Highway Capacity Manual, 1985, [9, p.1]).

2.2. Tinjauan Geometrik

Didalam merencanakan suatu jalan raya, bentuk geometriknya harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat diperoleh keamanan dan kenyamanan dalam berkendara serta biaya yang ekonomis. Perencanaan geometrik adalah bagian dari perencanaan jalan yang dimensi nyata dari suatu jalan beserta bagian-bagiannya disesuaikan dengan susunan serta sifat-sifat dari lalu lintas yang melaluinya. Secara umum perencanaan geometrik menyangkut aspek-aspek perencanaan bagian-bagian jalan, seperti lebar dari jalan, tikungan, kelandaian, jarak pandangan henti dan menyiap serta kombinasi dari bagian-bagian tersebut.

2.2.1. Keadaan Fisik dan Topografi Daerah

Keadaan fisik dan topografi daerah merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam menentukan lokasi jalan, terutama lajur jalan luar kota (Rural Highway) dan pada umumnya mempengaruhi penetapan alinyemen, landai jalan, jarak pandangan, penampang melintang dan lainnya. (Jalan Raya II, Ir. Sukarno).

Keadaan tanah dasar dapat mempengaruhi lokasi dan bentuk geometrik jalan. Apabila tanah dasarnya jelek maka trase jalan harus dipindahkan atau tanah

jelek tersebut dihilangkan dan diganti dengan tanah yang baik serta ditimbun yang tinggi. Disamping itu penggunaan daerah yang dilalui (tata guna lahan) seperti : daerah pertanian, industri, perkampungan, tempat rekreasi juga mempengaruhi perencanaan suatu jalan, misalnya untuk daerah industri yang sebagian besar lalulintasnya adalah kendaraan berat maka memerlukan syarat-syarat yang berbeda dengan perencanaan jalan untuk perkampungan atau tempat rekreasi dan lain sebagainya.

Untuk memperkecil biaya pembangunan jalan maka suatu standar perlu disesuaikan dengan keadaan topografi. Dalam hal ini jenis medan dibagi dalam tiga golongan umum yang dibedakan menurut besarnya lereng melintang dalam arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan raya.

Klasifikasi medan dan besarnya lereng melintang yang bersangkutan adalah seperti pada tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2. Klasifikasi medan dan besarnya lereng melintang

Golongan Medan	Lereng Melintang
- Datar (D)	0 - 9,9 %
- Perbukitan (B)	10 - 24,9 %
- Pegunungan (G)	25 % keatas

Sumber data : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No.13/1970, Direktorat Bina Marga , Departemen Pekerjaan Umum.

2.2.2. Klasifikasi

Jalan raya pada dasarnya dapat dibagi menjadi beberapa kelas jalan yang ditetapkan berdasarkan manfaat jalan, arus lalu lintas yang lewat, volume lalu lintas yang dapat ditampung dan sifat dari lalu lintas yang melalui jalan tersebut. Sesuai dengan fungsinya, maka jalan dapat diklasifikasikan menurut beberapa golongan seperti berikut ini :

1. Jalan Utama

Jalan Raya Utama adalah jalan raya yang melayani lalu lintas yang tinggi antara kota-kota penting atau antara pusat-pusat produksi dan pusat-pusat eksport. Jalan-jalan dalam golongan ini harus dapat direncanakan untuk dapat melayani lalu lintas yang cepat dan berat.

2. Jalan Raya Sekunder

Jalan raya sekunder adalah jalan raya yang melayani lalu lintas yang cukup tinggi antara kota-kota yang lebih kecil serta melayani daerah - daerah disekitarnya.

3. Jalan Penghubung

Jalan penghubung adalah jalan untuk keperluan aktivitas daerah yang juga dipakai sebagai jalan penghubung antara jalan-jalan dari golongan yang sama atau yang berlainan.

Untuk lebih jelasnya, pembagian dari klasifikasi jalan menurut jenis/fungsinya serta volume lalu lintasnya, seperti terdapat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Klasifikasi Jalan

Klasifikasi		Lalulintas Harian Rata-rata (LHR) dalam SMP
fungsi	Kelas	
Utama	I	> 20.000
Sekunder	II A	6.000 - 20.000
	II B	1.500 - 8.000
	II C	kurang dari 2.000
Penghubung	III	kurang dari 1.500

Sumber data : Peraturan perencanaan geometrik jalan raya No.13/1970, Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.

Sedangkan kriteria dari tiap klas jalan adalah seperti tersebut dibawah ini :

a. Jalan Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua jalan utama dan dimaksudkan untuk melayani lalulintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalulintasnya tidak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas ini merupakan jalan-jalan raya yang berlajur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkat pelayanan terhadap lalulintas.

b. Jalan klas II A

Yang termasuk dalam klas ini adalah jalan raya sekunder dua lajur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis aspal beton (hotmix) atau yang setaraf. Komposisi lalulintasnya terdapat kendaraan lambat tanpa kendaraan tak bermotor.

c. Jalan klas II B

Yang termasuk dalam klas jalan ini adalah jalan-jalan raya sekunder dua lajur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf. Komposisi lalulintasnya terdapat kendaraan lambat tanpa kendaraan yang tak bermotor.

d. Jalan klas II C

Yang termasuk dalam klas jalan ini adalah jalan raya sekunder dua lajur dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis penetrasi tunggal. Komposisi lalulintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor.

e. Jalan klas III

Yang termasuk dalam klas jalan ini adalah semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berlajur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal.

Dalam menghitung besarnya volume lalulintas untuk keperluan penetapan badan jalan, kecuali jalan-jalan yang tergolong dalam klas II C dan jalan klas III, kendaraan tidak bermotor tidak diperhitungkan dan untuk jalan-jalan klas II A dan klas I, kendaraan lambat tidak diperhitungkan. (Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, Dirjen Bina Marga Departemen PU [2, p.4]).

2.3. Standard Perencanaan

1. Penampang Melintang

Penampang melintang jalan adalah potongan suatu jalan yang tegak lurus as jalan tersebut, yang menunjukkan bentuk serta susunan bagian-bagian jalan dan kedudukannya pada penampang melintang dapat dilihat pada gambar 2.1.

Gambar 2.1. Penampang melintang jalan



Sumber data : Diktat kuliah Jalan Raya I dan II, Ir.Fakhrurrozy, [8,p,90]).

2. Lebar Perkerasan

Pada umumnya lebar perkerasan ditentukan berdasarkan lebar lajur lalu lintas normal, yaitu 3,5 meter kecuali jalan penghubung dan jalan kelas II C yang cukup menggunakan lebar lajur lalu lintas sebesar 3,0 meter. Untuk jalan-jalan raya utama memerlukan lebar lajur yang harus sesuai untuk lalu lintas yang sangat cepat dan sesuai dengan standar internasional, yaitu selebar 3,75 meter. Sedangkan jalan-jalan satu lajur seperti jalan-jalan penghubung lebar perkerasannya tidak ditetapkan berdasarkan lebar lajur, karena kecilnya intensitas.

Kenyamanan pengemudi dalam mengemudikan kendaraannya pada suatu jalan ditentukan oleh kelegaan perasaannya terhadap keadaan sekelilingnya. Rasa kelegaan tersebut dapat diukur dalam keadaan kritis yaitu dengan membandingkan

besarnya kebebasan yang dibutuhkan olehnya pada saat kendaraannya berpapasan dengan kendaraan lain (dari arah yang berlawanan). Perubahan-perubahan kemudi kendaraan selama berjalan akan selalu terjadi karena adanya gaya-gaya samping yang timbul baik karena angin, ketidakrataan perluasan perkerasan, miringnya perkerasan dan lain-lain, sehingga memungkinkan pergeseran kesamping dan sudut menyimpang lintasan kendaraan terhadap sumbu jalan.

Lebar lajur terutama ditentukan oleh ukuran kendaraan dan kecepatan jalannya kendaraan. Lebar truk sampai saat ini berlaku 2,5 meter yang ternyata hanya terdapat pada kendaraan truk yang besar, sedangkan lebar truk normal umumnya kurang lebih 2,25 meter.

Pada ruas jalan Kentungan - Besi lebar perkerasan rata - rata 5,5 meter (2 x 2,75 meter).

3. Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah garis potong yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan. Alinyemen vertikal menyatakan bentuk geometrik jalan dalam arah vertikal (naik turunnya jalan).

a. Kelandaian

Kelandaian jalan adalah naik turunnya jalan yang dinyatakan dalam $\%$. $+$ $\%$ berarti jalan itu naik, sedangkan kelandaiannya -0% berarti jalan tersebut turun. Antara kelandaian-kelandaian tersebut dihubungkan dengan suatu lengkung vertikal yang berbentuk lengkung parabola sederhana yang simetris.

Panjang landai kritis adalah panjang pendakian yang menyebabkan pengurangan kecepatan kendaraan truk yang bermuatan penuh sampai pada suatu

batas tertentu yang dianggap tidak memberikan pengaruh yang berarti pada lainnya arus lalu lintas secara keseluruhan.

Berdasarkan spesifikasi Bina Marga, panjang landai kritis, yang ditetapkan seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Panjang Landai Kritis

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

Sumber data : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, No.13/1970, Dirjen Bina Marga, Departemen PU, [2,p,11]).

4. Lebar Bahu

Lebar bahu minimum yang diperkeras berkisar antara 1,0 meter untuk jalan Klas II C. Untuk lebar bahu didaerah pegunungan dengan klasifikasi jalan penghubung tergantung dari keadaan setempat. Untuk jalan Klas I pengurangan lebar bahu tidak dianjurkan, bahkan ditepi luar bahu jalan harus ada bahu lunak selebar minimum 2 meter, hal ini juga sama dianjurkan untuk jalan kelas II A apabila sesuatu memungkinkan.

5. Drainase

Perlengkapan drainase, karena merupakan bagian yang sangat penting dari suatu jalan, seperti saluran tepi, saluran melintang, dan lain-lain, yang semua itu harus direncanakan berdasarkan data-data hidrologis seperti intensitas, lamanya dan frekwensi hujan, besar dan sifat daerah aliran. Drainase ini harus cukup sehingga dapat membebaskan atau paling tidak mengurangi pengaruh jelek dari air terhadap konstruksi perkerasan jalan.

6. Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal harus ditetapkan sebaik-baiknya untuk memenuhi syarat-syarat dasar lalu lintas, juga harus mempertimbangkan penyediaan drainase yang cukup baik dan memperkecil pekerjaan tanah yang diperlukan. Hal - hal yang harus diperhatikan dalam penentuan perencanaan alinyemen horizontal adalah sebagai berikut :

a. Jari Lengkung Minimum

Jari-jari lengkung minimum untuk setiap kecepatan rencana dapat ditetapkan berdasarkan kemiringan tikungan maksimum dan koefisien gesekan melintang maksimum dengan rumus :

$$R = V^2 / 127(e + f_m)$$

dengan : R = Jari-jari lengkung minimum

V = Kecepatan rencana

e = Miring tikungan

f_m = Koefisien gesekan melintang

b. 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. Batas besarnya jari-jari lengkung dimana suatu tikungan harus sudah menggunakan lengkung peralihan tertentu yaitu lengkung spiral atau clothoide. Panjang minimum lengkung peralihan pada umumnya ditentukan oleh jarak yang diperlukan untuk

perubahan miring tikungan yang tergantung pada besarnya landai relatif maksimum antara kedua sisi perkerasan.

c. Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

Untuk membuat tingkatan pelayanan suatu jalan selalu tetap sama, baik dibagian lurus maupun ditikungan, perlu diadakan pelebaran pada perkerasan ditikungan.

d. Pandangan Bebas pada Tikungan

Untuk memenuhi kebebasan pandangan pada tikungan sesuai dengan syarat panjang jarak pandangan yang diperlukan.

(Perencanaan Geometrik Jalan Raya, Dirjen Bina Marga, Departemen PU, No 13/1970 [2, p.10]).

2.4. Kapasitas Jalan Raya

Kapasitas Jalan Raya adalah jumlah maksimum kendaraan yang melintasi suatu penampang tertentu pada suatu jalan raya dalam satu satuan waktu tertentu.

Kapasitas jalan raya dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu :

1. Faktor jalan , antara lain :

- a. Lebar lajur : lebar lajur yang lebih kecil dari keadaan ideal (3,6 m) akan mengurangi kapasitas.
- b. Kebebasan samping : halangan-halangan disisi jalan yang terlalu dekat dengan batas lajur akan mempengaruhi jalannya kendaraan, sehingga akan mempengaruhi lebar efektif dari lajur yang bersangkutan. Batas minimum antara penghalang dengan tepi lajur adalah $\pm 1,8$ m.

- c. Batas jalan, lajur tambahan : batas jalan maupun lajur tambahan (tempat parkir, lajur perubahan kecepatan, lajur pendakian dan lain-lain) akan mempengaruhi lebar efektif lajur yang berdampingan dengannya.
 - d. Keadaan permukaan jalan : keadaan permukaan jalan yang sangat jelek yang tidak memungkinkan kecepatan mencapai sebesar 50 km/jam (kecepatan untuk mencapai kapasitas), akan mengurangi besarnya kapasitas.
 - e. Alinyemen : alinyemen merupakan faktor yang penting, dalam hal ini akan dinyatakan dengan besarnya kecepatan rata-rata dan pembatasan jarak pandangan henti dan menyiap pada jalan tersebut.
 - f. Landai jalan : landai jalan akan mempengaruhi kapasitas dari besarnya landai, kemampuan truk dan panjang landai.
2. Faktor lalulintas, antara lain :
- a. Truk dan bus : truk dan bus akan mempengaruhi kapasitas, karena suatu truk dalam arus lalulintas akan menduduki tempat yang seharusnya dapat digunakan oleh beberapa kendaraan mobil penumpang, sedangkan kecepatannya lebih lambat dibandingkan kendaraan mobil penumpang.
 - b. Pembagian jurusan : Pembagian jurusan lalulintas akan mempengaruhi kapasitas, karena pada pembagian yang tidak seimbang, jalan atau lajur-lajur pada arah yang lebih kecil prosentase lalulintasnya akan tidak penuh digunakan.
 - c. Variasi dalam arus lalulintas : Hal ini akan dicerminkan dalam jumlah waktu dan besarnya volume sibuk terhadap volume rata-rata, yang dinyatakan dengan istilah Faktor Kesibukan (Peak Hour Factor). Jalan dengan volume rata-rata

yang sama tapi mempunyai faktor kesibukan yang berbeda, akan mempunyai tingkat pelayanan yang berbeda.

- d. Gangguan lalulintas : gangguan lalulintas dapat berupa tempat-tempat ramai, misalnya pasar, tempat pertunjukan dan lain-lain.

Kapasitas jalan raya dibedakan dalam beberapa jenis menurut keperluan penggunaannya, yaitu :

1. Kapasitas Dasar yaitu, jumlah kendaraan maksimum yang dapat melintasi suatu penampang pada suatu lajur atau jalan selama satu jam, dalam keadaan jalan dan lalulintas yang mendekati ideal yang bisa tercapai.
2. Kapasitas yang mungkin yaitu jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang pada suatu lajur atau jalan selama satu jam, dalam keadaan lalulintas yang sedang berlaku pada jalan tersebut.
3. Kapasitas Praktis, yaitu jumlah kendaraan maksimum yang dapat melintasi suatu penampang pada suatu lajur atau jalan selama satu jam, dalam keadaan jalan dan lalulintas yang sedang berlaku demikian, sehingga kepadatan lalulintas yang bersangkutan mengakibatkan kelambatan, bahaya dan gangguan-gangguan pada kelancaran lalulintas yang masih dalam batas yang ditetapkan.

Pengetahuan kapasitas berdasarkan ukuran kuantitas tersebut di atas belum dapat memenuhi maksud dari analisa kapasitas, karena yang dihadapi adalah manusia, kendaraan dan jalan sebagai suatu sistem. Analisa kapasitas pada hakekatnya harus mencakup tidak saja ukuran mengenai kemampuan maksimum suatu jalan atau lajur dalam menunjang lalulintas, tetapi harus juga ukuran kualitas

dari pelayanan jalan tersebut, yang dicerminkan oleh kecepatan dan besarnya gangguan antara masing-masing kendaraan dalam arus lalu lintas.

2.5. Tingkat Pelayanan (Level of Service)

Untuk mengukur kualitas perjalanan digunakan Tingkat Pelayanan, agar supaya jalan raya dapat memberikan pelayanan yang dapat dianggap cukup oleh pengemudi, maka volume pelayanan arusnya harus lebih kecil daripada kapasitas jalan itu sendiri.

Volume pelayanan adalah volume maksimum yang dapat ditampung oleh suatu jalan raya pada suatu tingkat pelayanan. Pada volume lalu lintas yang hanya sedikit mengalami gangguan dari kendaraan lain, pengemudi dapat bergerak dengan kecepatan arus bebas. Tetapi pada saat volume sedang meningkat, interferensi antara kendaraan menyebabkan turunnya kecepatan. Bila timbul kemacetan maka kecepatan kendaraan itu akan merosot tajam dan terjadi kondisi arus terpaksa (Force Flow). Oleh karena itu penting diketahui hubungan antara kecepatan dengan volume dan kapasitas jalan raya yang dipengaruhi oleh faktor jalan dan faktor lalu lintas, seperti yang telah dijelaskan di muka.

Pengaruh dari keseluruhan faktor tersebut di atas selanjutnya dinamakan dengan satuan pengukur Tingkat Pelayanan. Karena kesukaran-kesukaran dalam pengadaan data akan besarnya kontribusi masing-masing faktor tersebut, maka oleh "Highway Capacity Manual" (HCM) 1985, faktor-faktor tersebut di atas dibagi menjadi dua yaitu :

a. Kecepatan jalan atau kecepatan perjalanan

b. Perbandingan volume dan kapasitas (V/C)

Kecepatan perjalanan menunjukkan keadaan umum di jalan, sedangkan perbandingan volume dan kapasitas menunjukkan kepadatan lalu lintas dan kebebasan bergerak bagi kendaraan.

2.5.1. Pembagian Tingkat Pelayanan

Untuk menyederhanakan cara menyatakan keadaan perjalanan telah digunakan enam skala, yaitu : A, B, C, D, E dan F.

Tingkat pelayanan A, B, C dan D masing-masing dibatasi oleh :

1. Kecepatan perjalanan harus sama atau lebih besar dari nilai standar yang bersangkutan.
2. Angka volume dibagi kapasitas tidak lebih dari nilai standar yang bersangkutan.

Tingkat pelayanan E menunjukkan keadaan yang mendekati kapasitas jalan yang bersangkutan (kepadatan kritis).

Tingkat pelayanan F menunjukkan keadaan kepadatan yang tinggi dengan kecepatan rendah dan variabel, dalam hal ini tidak bisa diukur dengan ketentuan kecepatan dan volume/kapasitas.

Berikut ini penjelasan singkat mengenai kondisi perjalanan dari berbagai tingkat pelayanan

Tingkat Pelayanan A :

Keadaan arus yang bebas, volume rendah, kecepatan tinggi, kepadatan rendah, kecepatan ditentukan oleh kemauan pengemudi, pembatasan kecepatan dan keadaan fisik jalan.

Tingkat Pelayanan B :

Keadaan arus yang stabil, kecepatan perjalanan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalulintas, dalam batas pengemudi masih mendapatkan kebebasan yang cukup dalam memilih kecepatannya.

Batas terbawah dari tingkat pelayanan ini (kecepatan yang terendah dengan volume yang tertinggi) digunakan untuk ketentuan-ketentuan perencanaan jalan di luar kota.

Tingkat Pelayanan C :

Masih dalam keadaan arus yang stabil, tetapi kecepatan dan gerakan lebih ditentukan oleh volume yang tinggi, sehingga pemilihan kecepatan sudah terbatas dalam batas-batas kecepatan jalan yang masih cukup memuaskan. Tingkat pelayanan ini sesuai digunakan untuk desain jalan perkotaan.

Tingkat Pelayanan D :

Menunjukkan keadaan yang mendekati tidak stabil, kecepatan yang dikehendaki secara terbatas masih dapat dipertahankan, meskipun sangat dipengaruhi oleh perubahan-perubahan dalam keadaan perjalanan yang dapat menurunkan kecepatan yang lebih besar.

Tingkat Pelayanan E :

Menunjukkan arus yang tidak stabil, Volume lalulintas mendekati kapasitas jalan, sering terjadi kemacetan (berhenti) untuk beberapa saat pada waktu-waktu tertentu dan kemampuan bergerak sangat terbatas, kecepatan pada kapasitas ini pada umumnya sebesar ± 50 km/jam.

Tingkat Pelayanan F :

Menunjukkan arus yang tertahan, kecepatan rendah, sedang volume lebih besar dari kapasitas dan sering terjadi kemacetan pada waktu yang cukup lama. Dalam keadaan ekstrim, kecepatan dapat turun mencapai nol.

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 atau kecepatan perjalanan dan perbandingan antara volume dengan kapasitas, yang disebut $\frac{V}{C}$ ratio. (Edward K Morlock, Terjemahan 1985, [6,p, 212). Untuk jalan luar kota kecepatan yang dimaksud adalah kecepatan jalan, sedangkan untuk jalan dalam kota adalah kecepatan perjalanan dengan waktu berhenti termasuk didalamnya. Besarnya volume adalah dari perhitungan yang dianggap mewakili suatu ruas jalan yang ditinjau.

Berikut ini beberapa hal yang perlu diketahui dalam menentukan tingkat pelayanan menurut "HCM" 1985.

$$SF_1 = 2800 \left(\frac{V}{C} \right)_i \text{ fd } \times \text{ fw } \times \text{ fhv}$$

$$\text{fhv} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1) + P_B(E_B - 1)}$$

keterangan :

SF_1 = total dasar arus perjalanan pada dua arah yang berlaku untuk jalan raya dan kondisi lalu lintas, untuk tingkat pelayanan i, i dalam vph.

$\left(\frac{V}{C}\right)_i$ = Perjalanan arus dasar untuk kapasitas ideal pada tingkat pelayanan i.

f_d = Faktor penyesuaian untuk distribusi langsung dari lalulintas.

f_w = Faktor penyesuaian untuk jalan sempit yang dibatasi oleh lebar bahu jalan.

f_{hv} = Faktor penyesuaian dengan adanya kendaraan berat pada aliran lalulintas.

P_t = Perbandingan truk didalam arus lalulintas.

P_r = Perbandingan mobil wisata didalam arus lalulintas.

P_B = Perbandingan bus dalam arus lalulintas.

E_T = Perbandingan mobil penumpang dengan truk.

E_R = Perbandingan kendaraan wisata dengan truk.

E_B = Perbandingan bus dengan truk.

(Sumber : HCM 1985, [9, p. 8 - 1])

Dalam hubungannya dengan kapasitas jalan, pengaruh dari setiap jenis kendaraan terhadap keseluruhan arus lalulintas, yaitu untuk menilai setiap kendaraan ke dalam satuan mobil penumpang (smp) pada jalan di daerah datar digunakan koefisien seperti pada tabel 2.1. Untuk lebar perkerasan umumnya ditentukan berdasarkan lebar lajur lalulintas normal adalah 3,50 meter, kecuali jalan penghubung (Ramp) dan jalan klas II C cukup menggunakan lebar lajur lalulintas 3,0 meter, sedang jalan raya utama memerlukan lebar lajur yang sesuai untuk lalulintas cepat dan sesuai dengan standar internasional, yaitu sebesar 3,75 meter. Jalan-jalan satu lajur seperti Jalan-jalan penghubung, lebar perkerasan tidak ditetapkan berdasarkan lebar lajur karena kecilnya intensitas (Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No.13/1970, Ditjen.Bina Marga, DPU, [2, p. 8]).

2.6. Pertumbuhan Lalulintas

Pertumbuhan lalulintas dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

1. Pertumbuhan lalulintas normal (Normal Traffic Growth), yaitu pertumbuhan lalulintas yang diakibatkan oleh bertambahnya jumlah penduduk. Kalau dianggap pertumbuhan penduduk sebanding dengan pertumbuhan lalulintas, maka pertumbuhan lalulintas ini dapat diperkirakan.
2. Lalulintas yang dibangkitkan (Generated Traffic), yaitu lalulintas yang tidak akan ada kalau prasarana baru tidak diadakan. Pada umumnya "generated traffic" yang berarti hanya terjadi pada daerah-daerah yang baru dibuka, yang dimungkinkan timbulnya aktivitas baru dan peningkatan produktivitas.
3. Pertumbuhan lalulintas sebagai akibat dari berkembangnya suatu daerah (Development Traffic). Perkembangan suatu daerah adalah akibat dari perkembangan berbagai sektor seperti : pertanian, industri, teknologi dan sebagainya.

Pertumbuhan lalulintas dihitung berdasarkan data lalulintas harian rata-rata (LHR) dari tahun-tahun yang lalu. Angka pertumbuhan lalulintas sebetulnya tidaklah sama untuk setiap tahunnya. Pada tahun pertama mungkin lebih besar dari tahun-tahun sebelumnya atau sebaliknya, namun karena waktu peninjaunnya cukup lama, maka pertumbuhannya dirata-ratakan.

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan lalulintas pada suatu daerah sangat dipengaruhi oleh :

1. Pertumbuhan Penduduk

Bertambahnya 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 pemilikan kendaraan sehubungan dengan kebutuhan akan sarana transportasi.

3. Pola Tata Guna Lahan, seperti daerah pertanian, industri, perdagangan dan sebagainya.

2.7. Metode Perhitungan Konstruksi

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. Pedoman Perhitungan Konstruksi

Sebagai pedoman untuk perhitungan konstruksi ini adalah :

- a. Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam No. 01/MN/B/1983, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
- b. Penentuan Tebal Perkerasan (flexibel) Jalan Raya No. 04/PD/BM/1974, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
- c. Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No. 13/1970, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.

2.7.3. Metode Perhitungan Lendutan Balik

- a. Berdasarkan Manual Pemeriksaan Perkerasan jalan dengan Alat Benkelman Beam (Bina Marga, 1983 No. 01/MN/B/1983), setelah mendapatkan data-data lapangan yang berupa hasil pembacaan tiap titik pemeriksaan, maka lendutan balik untuk tiap - tiap titik dihitung dengan menggunakan rumus :

$$d = 2 (d_3 - d_1) . f_i . C$$

dengan d = Lendutan balik (mm)

d_1 = Pembacaan awal (mm)

d_2 = Pembacaan antara (mm)

d_3 = Pembacaan akhir (mm)

C = Faktor pengaruh air tanah.

Apabila pemeriksaan dilakukan pada keadaan kritis, maka $C = 1,5$

f_i = Faktor penyesuaian suhu lapis permukaan (t_1) dan grafik I.

$$t_1 = 1/3 (t_p + t_t + t_b)$$

t_p = Temperatur dari permukaan data lapangan.

t_t = Temperatur tengah dari data lapangan/grafik.

t_b = Temperatur bawah dari data lapangan/grafik

b. 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 $d_2 = \frac{1}{2} y$
 (perbandingan 1 : 2)

Pada kedudukan III :
 - Lendutan kembali pada semula = 0
 - Pembacaan akhir = $\frac{1}{2} d$

Hubungan pembacaan arloji pengukur dengan besarnya lendutan :

$$d_1 = 0$$

$$d_3 = \frac{1}{2} d$$

maka :

$$d_3 - d_1 = \frac{1}{2} d$$

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

c. Digambar nilai lendutan balik tiap titik pemeriksaan yang diperoleh pada (a). Jika tiap titik pemeriksaan menggunakan lebih dari satu alat "Benkelman Beam", maka digambar nilai lendutan balik rata-rata dari tiap titik pemeriksaan tersebut kedalam bentuk grafik.

- d. Ditetapkan panjang suatu seksi jalan dengan mengusahakan tiap-tiap seksi jalan mempunyai lendutan balik maksimum yang hampir sama, atau dengan rumus :

$$\overline{\Delta FK} = 477 \cdot n^{-1,77} \quad \text{untuk } 4 \leq n \leq 21$$

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

$$(\overline{\Delta FK} = Fk_n - Fk_{n-1})$$

$$FK = \frac{s}{d} \times 100 \%$$

Keterangan :

FK_n = Faktor keseragaman dengan jumlah titik pemeriksaan = n

Fk_n = Faktor keseragaman dengan jumlah titik pemeriksaan = n - 1

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

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

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

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

dengan keterangan :

D = Lendutan balik yang mewakilkan suatu seksi jalan.

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

d = Lendutan balik tiap titik didalam seksi jalan.

n = Jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan.

$$S = \sqrt{\frac{n(\sum d^2) - (\sum d)^2}{n(n-1)}} \text{ (Standard Deviasi)}$$

2.7.4. Metode Perhitungan Tebal Tambahan Perkerasan (Overlay)

Mencari data-data lalu lintas yang diperlukan pada jalan yang bersangkutan, antara lain :

- a. Lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median dan untuk masing-masing arah pada jalan dengan median.
- b. Jumlah lalu lintas rencana (Design Traffic) ditentukan atas dasar jumlah lajur dan jenis kendaraan. Seperti pada tabel 2.5 berikut ini :

Tabel 2.5. Koefisien Distribusi Kendaraan

Type 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	-	0,45
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,40

* misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

** misalnya : bus, truk, traktor, trailler.

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen, Departemen PU, [6,p,9].

Pada jalan- jalan khusus, misalnya jalan bebas hambatan, type jalan 2 x 2 lajur, dengan ketentuan kendaraan lebih banyak menggunakan lajur kiri, maka prosentase kendaraan yang lewat tidak diambil 50 % seperti tabel di atas, tetapi diambil antara 50 - 100 % dari LHR satu arah, tergantung banyaknya kendaraan yang menggunakan lajur kiri tersebut.

2. Dengan menggunakan lampiran 1 (daftar no.1), menghitung besarnya jumlah ekivalen harian rata-rata dari satuan 8, 16 ton (18 Kip = 18.000 lbs) beban as tunggal, dengan cara menjumlahkan hasil perkalian masing-masing jenis lalulintas harian rata-rata tersebut, baik kosong maupun bermuatan dengan faktor ekivalen yang sesuai (faktor ekivalen kosong atau isi).

3. Menentukan umur rencana dan perkembangan lalulintas (lampiran 2, tabel 2.2, faktor umur rencana N), atau dengan menggunakan rumus :

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

4. Menentukan jumlah lalulintas secara akumulatif selama umur rencana dengan rumus sebagai berikut :

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

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 lalulintas

m = Jumlah masing-masing lalulintas

5. Berdasarkan hasil AE 18 KSAL dari grafik hubungan antara lendutan balik yang diijinkan akan diperoleh lendutan balik yang diijinkan (lampiran 3, grafik No. 3 dan 3a).

6. Berdasarkan lendutan balik yang ada (sebelum diberi lapisan tambahan) dan grafik No. 4 (lampiran 4) dapat ditentukan tebal lapis tambahan yang nilai lendutan baliknya tidak boleh melebihi lendutan balik yang diijinkan.
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 Sisa :

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

$$N = \frac{AE \ 18 \ KSAL}{365 \times \sum_{\text{Mobil Penumpang}} m \times UE \ 18 \ KSAL}$$

Traktor - Trailer

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 lajulintas

2.7.5. Metode Perhitungan Tebal Perkerasan pada Daerah Pelebaran (Widening)

Langkah-langkah perhitungan :

1. Data lajulintas 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) lajulintas (i) = %
$$LHR_n = LHR_{awal} (1 + i)^n$$
3. LHR masa umur rencana (n) = tahun
Pertumbuhan lajulintas (i) = %
$$LHR_n = LHR (1 + i)^n$$
4. LHR 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 5, Daftar III)
7. Mencari angka ekivalent (E) untuk masing-masing kendaraan dengan menggunakan rumus :

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

$$\text{Sumbu ganda} = 0,86 \times \left[\frac{\text{beban satu sumbu tunggal}}{8160} \right]^4$$

Atau dengan menggunakan (Lampiran 6, Daftar III)

8. Menentukan prosentase kendaraan pada lajur rencana untuk menentukan koefisien distribusi (C) (lampiran 6, Daftar II)

9. Menentukan lintasan ekivalen permulaan (LEP)

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

10. Menghitung lintasan ekivalen akhir (LEA)

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

11. Menghitung lintasan ekivalen tengah (LET)

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

12. Menghitung lintasan ekivalen rencana (LER) :

$$\text{LER} = \text{LET} \cdot \text{FP}$$

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

13. Menghitung indeks tebal perkerasan (ITP)

Data : DDT, LER, IP, IP_o dan FR

Dengan nomogram 4 (Lampiran 7) 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 8, Daftar VII)

15. Menentukan batas-batas minimum tebal perkerasan (lampiran 9, Daftar VIII)

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

