

**PENGEMBANGAN MODEL ANALISIS TINGKAT PELAYANAN
JALAN DIKAITKAN DENGAN BIAYA OPERASI KENDARAAN**

*THE DEVELOPMENT OF MODEL ANALYSIS OF ROAD
SERVICE LEVEL IN RELATION TO VEHICLE OPERATIONAL
COST*

NASRUL



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2007

**PENGEMBANGAN MODEL ANALISIS TINGKAT PELAYANAN
JALAN DIKAITKAN DENGAN BIAYA OPERASI KENDARAAN**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Perencanaan Prasarana

Disusun dan diajukan oleh

NASRUL

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2007**

TESIS

PENGEMBANGAN MODEL ANALISIS TINGKAT PELAYANAN JALAN DIKAITKAN DENGAN BIAYA OPERASI KENDARAAN

Disusun dan diajukan oleh

N A S R U L

P2800205503

Telah dipertahankan didepan Panitia Ujian Tesis
Pada tanggal 24 Februari 2007
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat

Prof.Dr.Ing.H.M.Yamin Jinca, MSTr
Ketua

Ir. H. Arifin Mandja, SP1
Anggota

Ketua Program Studi
Teknik Perencanaan Prasarana

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin

Prof.Dr.Ir.H.M.Ramli Rahim,M.Eng.

Prof.Dr.dr.Abdul Razak Thaha, M.Sc

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Nasrul
Nomor mahasiswa : P2800205503
Program studi : Teknik Perencanaan Prasarana

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Februari 2007
Yang menyatakan,

Nasrul

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan Rahmat dan Karuni-Nya sehingga tesis ini dapat terselesaikan.

Penulis mengangkat permasalahan ini berdasarkan hasil pengamatan penulis bahwa selama ini aspek-aspek dalam variabel pengukuran/penentuan tingkat pelayanan jalan hanya dikaitkan dengan faktor-faktor keteknikan saja. Aspek yang berkaitan dengan biaya operasi kendaraan yang ditimbulkan belum menjadi perhatian bagi *engineer* transportasi. Penulis bermaksud mengembangkan suatu model tingkat pelayanan jalan dikaitkan dengan biaya operasi kendaraan .

Banyak kendala yang penulis hadapi dalam rangka penulisan tesis ini, tapi dengan berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tesis ini selesai pada waktunya. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada:

1. Pusat Pembinaan Keahlian dan Teknik Konstruksi (PUSBIKTEK), Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia (BPK-SDM) Departemen Pekerjaan Umum, atas kesempatan dan beasiswa yang diberikan untuk mengikuti pendidikan magister pada Universitas Hasanuddin.
2. Prof . Dr. Ing. H.M. Yamin Jinca, MStr . sebagai ketua komisi penasihat dan Ir. Arifin Mandja, SP1. sebagai anggota komisi penasihat. Semoga

ilmu dan bimbingan yang telah beliau berikan kepada kami menjadi amal jariah yang Insyah Allah akan mendapat ridho dari Allah SWT.

3. Prof.Dr.Ing. Herman Parung, M.Eng, Dr.Ir. Ria Wikantari, M.Arch dan Ir. H. Jamaluddin Rahim, MStr. sebagai komisi penguji yang telah banyak memberikan masukan dalam penyempurnaan tesis ini.
4. Ayahanda tercinta almarhum H.Rukkawali dan ibunda Hj. Rukmini serta saudara-saudaraku atas motivasi, bantuan dan doanya selama penulis mengikuti pendidikan.
5. Istri tercinta, Derry Aryanti serta kedua anakku Nadya Septiannisa Pratiwi dan Nadhif Hawari Pratama yang telah mendampingi dengan cinta dan kasih sayang selama penulis mengikuti pendidikan.
6. Bapak dan ibu pengajar Pascasarjana Universitas Hasanuddin, yang banyak memberikan pengetahuan dan bimbingan. Seluruh staf pengelola yang senantiasa membantu penulis mulai dari awal kuliah hingga penulis menyelesaikan studi.
7. Teman-teman Teknik Perencanaan Prasarana angkatan V tahun 2005, dan kepada mereka yang namanya tidak tercantum tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis. Ini.

Penulis tidak dapat membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini, semoga Allah SWT yang dapat membalasnya.

Akhir kata, penulis menyadari hanyalah manusia biasa yang punya banyak kekurangan dan kelemahan, begitu pula tesis ini. Namun penulis

berharap dari hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, amin. Terima kasih.

Makassar, Februari 2007

Nasrul

ABSTRAK

NASRUL. Pengembangan Model Analisis Tingkat Pelayanan Jalan Dikaitkan Dengan Biaya Operasi Kendaraan.(dibimbing oleh Yamin Jinca dan Arifin Mandja)

ABSTRAK

NASRUL. Pengembangan Model Analisis Tingkat Pelayanan Jalan dikaitkan dengan Biaya Operasi Kendaraan (dibimbing oleh Yamin Jinca dan Arifin Mandja).

Penelitian ini bertujuan mewujudkan pengembangan suatu model analisis tingkat pelayanan jalan yang berkaitan dengan biaya operasi kendaraan.

Pengembangan model analisis ini mengaitkan hubungan kecepatan kendaraan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi biaya operasi kendaraan berdasarkan pendapat para ahli transportasi dan hubungan kecepatan kendaraan terhadap volume capacity ratio(VCR) serta hubungan biaya operasi kendaraan terhadap volume capacity ratio yang merupakan implementasi dari tingkat pelayanan jalan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan model analisis tingkat pelayanan jalan dikaitkan dengan biaya operasi kendaraan menurut para ahli adalah (1) Total biaya operasi kendaraan menurut *Morlok* {TBOK(M)} terhadap VCR, $TBOK(M) = 292.07Ln^2(VCR) + 283.76Ln(VCR) + 516.75$. (2) Total biaya operasi kendaraan menurut *Tamin* {TBOK(T)} terhadap VCR, $TBOK(T) = 517Ln^2(VCR) + 662.48Ln(VCR) + 1346.8$. (3) Total biaya operasi kendaraan menurut *Oglesby* {TBOK(O)} terhadap VCR, $TBOK(O) = 172.51 Ln^4(VCR) + 631.21 Ln^3(VCR) + 1105.58 Ln^2(VCR) + 584.21 Ln(VCR) + 728.76$. (4) Total biaya operasi kendaraan menurut *Shio-Mioshin* {TBOK(S)} terhadap VCR, $TBOK(S) = 318.45 Ln^2(VCR) + 610.12 Ln(VCR) + 960.37$. Pengembangan model TBOK terhadap kecepatan dari keempat pendapat diatas, Tamin dan Shio-Mioshin memiliki pendekatan yang lebih baik karena TBOK yang digunakan paling efisien berada pada tingkat pelayanan A.

ABSTRACT

NASRUL. Development Model Analyze Road Level of Service Related to Vehicle Operating Cost.(Supervised by **Yamin Jinca** and **Arifin Mandja**)

This research aims to realize the development an model analyse the road level of service related to vehicle operating cost

Development model this analysis by correlating link of vehicle speed to factors influencing vehicle operating cost opened by some expert of transportation and relation of vehicle speed to volume of capacity ratio and also relation of vehicle operating cost to volume of capacity ratio representing implementation from road level of service.

Result of this research indicated that development model the analysis road level of service related to by vehicle operating cost are 1) Total Vehicle Operating Cost according to Morlok [TBOK(M)] to volume of capacity ratio (VCR), $TBOK(M) = 292.07Ln^2(VCR)+283.76Ln(VCR)+516.75$. 2) Total Vehicle Operating Cost according to Tamin [TBOK(T)] to volume of capacity ratio (VCR), $TBOK(T)= 517Ln^2(VCR)+862.48Ln(VCR)+1346.8$ 3) Total Vehicle Operating Cost according to Oglesby [TBOK(O)] to volume of capacity ratio (VCR), 4). Total Vehicle Operating Cost according to Shio-Mioshin [TBOK(O)] to volume of capacity ratio (VCR), $TBOK(O) =318.45Ln^2(VCR)+610.12Ln(VCR)+960.37$

DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA	iv
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Kajian	2
D. Kegunaan Kajian	2
E. Metode Kajian	3
F. Sistematika Penulisan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Sistem Jaringan Transportasi	5
B. Kapasitas dan Tingkat Pelayanan Jalan	8
C. Biaya Operasi Kendaraan (BOK)	25
III. PENGEMBANGAN MODEL	50
A. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Komponen Biaya Operasi Kendaraan	50

B. Hubungan biaya Operasi Kendaraan Terhadap Kecepatan Kendaraan	57
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	83
A. Tingkat Pelayanan Jalan dan Biaya Operasi Kendaraan	83
B. Hubungan Kecepatan Kendaraan Terhadap Biaya Operasi Kendaraan	87
C. Hubungan Tingkat Pelayanan Jalan Terhadap Biaya Operasi Kendaraan	91
V. KESIMPULAN DAN SARAN	100
A. Kesimpulan	100
B. Saran	101
DAFTAR PUSTAKA	102

DAFTAR TABEL

nomor	halaman
1. Nilai ekivalen rata-rata mobil penumpang untuk truk dan bus pada jalan bebas hambatan dan jalan ekspres	21
2. Faktor depresiasi (f)	30
3. Biaya operasi kendaraan penumpang pada jalan raya di Amerika pada tahun 1959	42
4. Faktor koreksi komsumsi bahan bakar dasar kendaraan	43
5. Komsumsi dasar minyak pelumas (liter/km)	44
6. Faktor koreksi komsumsi dasar minyak pelumas terhadap kondisi kekasaran permukaan jalan	44
7. Biaya keausan ban terhadap perbedaan kecepatan	45
8. Faktor-faktor yang mempengaruhi komponen biaya operasi kendaraan	51
9. Faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi komponen biaya operasi kendaraan	53
10. Hubungan biaya bahan bakar terhadap kecepatan dan kelandaian jalan (Morlok)	58
11. Hubungan biaya pemakaian ban terhadap kecepatan dan kelandaian jalan (Morlok)	60
12. Hubungan biaya pemakaian oli terhadap kecepatan dan kelandaian jalan (Morlok)	62
13. Hubungan biaya pemeliharaan dan perbaikan kendaraan terhadap kecepatan dan kelandaian jalan (Morlok)	64
14. Hubungan biaya depresiasi terhadap kecepatan dan kelandaian jalan (Morlok)	65
15. Hubungan total biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan dan kelandaian jalan (Morlok)	67

16. Hubungan biaya bahan bakar terhadap kecepatan (Tamin)	69
17. Hubungan biaya pemakaian oli terhadap kecepatan (Tamin)	70
18. Hubungan biaya pemakaian ban terhadap kecepatan (Tamin)	72
19. Hubungan biaya penyusutan kendaraan terhadap kecepatan (Tamin)	73
20. Hubungan biaya suku cadang kendaraan terhadap kecepatan (Tamin)	75
21. Hubungan total biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan (Tamin)	77
22. Hubungan total biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan (Oglesby)	79
23. Hubungan total biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan (Shio-Mioshin)	81
24. Hubungan kecepatan, VCR terhadap tingkat pelayanan (LOS)	92
25. Hubungan kecepatan rata-rata, VCR rata-rata terhadap tingkat pelayanan jalan	93

DAFTAR GAMBAR

nomor	halaman
1. Hubungan biaya total (harga komoditi di daerah asal ditambah biaya transportasi) terhadap jarak	6
2. Hubungan antara kecepatan, tingkat pelayanan dan rasio volume terhadap kapasitas untuk jalan	15
3. Hubungan volume lalu lintas pada tiap lajur dan kecepatan	23
4. Tingkat pelayanan hubungan dengan kecepatan dan volume lalu lintas	24
5. Hubungan kecepatan berjalan dan biaya berjalan untuk kendaraan (sumber data- <i>red book</i>)	37
6. Hubungan biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan	48
7. Hubungan biaya pemakaian terhadap komponen kekasaran jalan dan fungsi dari kecepatan	49
8. Hubungan biaya bahan bakar terhadap kecepatan dan kelandaian jalan (Morlok)	58
9. Hubungan biaya pemakaian ban terhadap kecepatan dan kelandaian jalan (Morlok)	60
10. Hubungan biaya pemakaian oli terhadap kecepatan dan kelandaian jalan (Morlok)	62
11. Hubungan biaya pemeliharaan dan perbaikan kendaraan terhadap kecepatan dan kelandaian jalan (Morlok)	64
12. Hubungan biaya depresiasi terhadap kecepatan (Morlok)	66
13. Hubungan total biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan dan kelandaian jalan (Morlok)	67
14. Hubungan biaya bahan bakar terhadap kecepatan (Tamin)	69
15. Hubungan biaya pemakaian oli terhadap kecepatan (Tamin)	71

16. Hubungan biaya pemakaian ban terhadap kecepatan (Tamin)	72
17. Hubungan biaya penyusutan kendaraan terhadap kecepatan (Tamin)	74
18. Hubungan biaya suku cadang kendaraan terhadap kecepatan (Tamin)	75
19. Hubungan total biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan (Tamin)	77
20. Hubungan total biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan (Oglesby)	80
21. Hubungan total biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan (Shio-Mioshin)	82
22. Hubungan total biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan (Shio-Mioshin, Morlok, Oglesby dan Tamin)	90
23. Hubungan kecepatan, VCR dan tingkat pelayanan jalan (LOS)	92
24. Hubungan kecepatan rata-rata, VCR rata-rata dan tingkat pelayanan jalan	94
24. Hubungan antara biaya operasi kendaraan, derajat kejenuhan dan kecepatan	95

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dewasa ini jaringan jalan kurang dapat memberikan pelayanan yang memuaskan kepada para pengendara kendaraan, oleh karena kebanyakan jalan tidak mampu mengakomodasi kenaikan kebutuhan mobilitas, kemacetan, kecelakaan dan lain-lain, sehingga perlunya diadakan evaluasi tingkat pelayanan. Tingkat pelayanan pada suatu ruas jalan menunjukkan kondisi aliran lalu lintas. Ukuran kualitas aliran lalu lintas meliputi frekwensi, kelayakan, kehalusan dan keamanan.

Metode dalam penentuan tingkat pelayanan jalan tidak hanya memperhitungkan terhadap volume, kapasitas dan kecepatan lalu lintas, tetapi perlu juga memperhitungkan faktor-faktor keamanan dan ekonomi kedalam pengukuran tingkat pelayanan jalan.

Selama ini aspek-aspek dalam variabel pengukuran/penentuan tingkat pelayanan jalan hanya dikaitkan dengan faktor-faktor keteknikan saja yaitu: volume, kapasitas dan kecepatan kendaraan. Aspek yang berkaitan dengan biaya operasi kendaraan yang ditimbulkan belum menjadi perhatian bagi engineer transportasi, padahal biaya bagi teknik dan perencanaan transportasi adalah sangat penting dan merupakan salah satu kriteria dimana perencanaan atau disain alternatif harus di evaluasi.

Oleh karena itu pengertian atau kajian dasar tentang konsep atau model analisis pelayanan jalan khususnya jalan arteri perkotaan dan pinggir kota dengan mengembangkan variabel yang terkait dengan biaya operasi kendaraan adalah sangat penting.

B. Rumusan masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana hubungan antara variabel tingkat pelayanan jalan dengan variabel biaya operasi kendaraan. Konsep tingkat pelayanan jalan dikembangkan sebagai fungsi dari *ratio* volume dan kapasitas, sedangkan kecepatan kendaraan akan dikembangkan dengan mempertimbangkan aspek ketergantungan dengan volume lalu lintas, kapasitas jalan, kecepatan kendaraan dan biaya operasi kendaraan.

C. Tujuan Kajian

Mewujudkan pengembangan suatu model analisis tingkat pelayanan jalan yang berkaitan dengan biaya operasi kendaraan .

Kegunaan Kajian

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pengembangan alternatif keputusan dalam perencanaan transportasi jalan dan manajemen lalu lintas, untuk penetapan kebijakan dan pengawasan operasional khususnya pada system transportasi perkotaan.

D. Metode Kajian

Metode kajian dalam penyusunan penulisan ini dilakukan sebagai berikut :

1. Studi literatur, yakni dengan membaca dan mengutip dari buku-buku, makalah dan jurnal yang berhubungan dengan materi kajian.
2. Membuat suatu model dari pengembangan teori tingkat pelayanan jalan yang dikaitkan dengan biaya operasi kendaraan.

E. Sitematika Penulisan

Tesis ini disusun sesuai dengan Pedoman Penulisan Tesis dan Disertasi PPs-Unhas, hal.18 Format Penelitian Kepustakaan dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan kajian, kegunaan kajian, metode kajian dan sistematika tesis.

BAB II Kajian Pustaka

Bab ini mengemukakan teori pendukung tentang transportasi, tingkat pelayanan jalan dan faktor-faktor biaya operasi kendaraan.

BAB III Pengembangan Model

Bab ini menguraikan tentang pengembangan model tingkat pelayanan jalan terhadap faktor-faktor biaya operasi kendaraan.

BAB IV Pembahasan

Bab ini mengemukakan pembahasan tentang pengembangan model analisis tingkat pelayanan jalan dikaitkan dengan biaya operasi kendaraan.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini mengemukakan kesimpulan yang diperoleh dari pengembangan model analisis tingkat pelayanan jalan terhadap biaya operasi kendaraan serta saran-saran.

BAB II

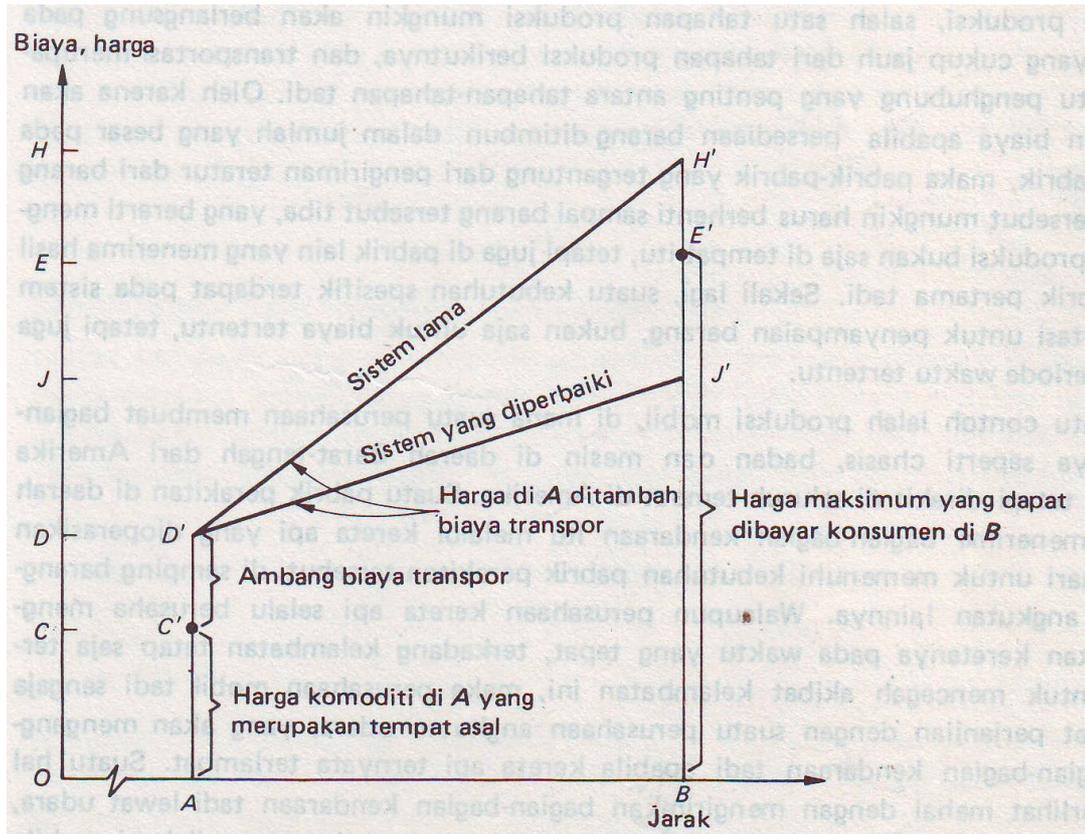
TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Jaringan Jalan

1. Umum

Transportasi merupakan salah satu komponen yang sangat penting bagi berfungsinya suatu kegiatan masyarakat. Transportasi juga sangat berkaitan erat dengan pola hidup masyarakat lokal dimana mereka tinggal, serta daerah layanan atau daerah pengaruh aktivitas produksi dan sosial, serta barang-barang dan jasa yang dapat dikonsumsi. Kehidupan masyarakat yang maju ditandai dengan mobilitas yang tinggi sebagai akibat tersedianya fasilitas transportasi yang cukup, sebaliknya daerah yang kurang baik dalam sistem transportasinya mengakibatkan keadaan ekonomi masyarakatnya berada dalam keadaan statis (Jinca,2000).

Transportasi adalah perpindahan barang hasil produksi dan orang dari suatu wilayah dalam jumlah besar, aman dan lancar, tepat waktu dapat dilakukan apabila dapat didukung oleh prasarana dan sarana transportasi yang memadai. Meningkatnya teknologi transportasi memungkinkan perpindahan barang dan orang dari suatu wilayah ke wilayah lain (*Place utility*) tepat pada waktu dibutuhkan (*Time Utility*), sehingga nilai barang tersebut menjadi besar dengan biaya transportasi yang lebih rendah (Morlok,1991).



Gambar 1. Hubungan biaya total (harga komoditi di daerah asal ditambah biaya transportasi) terhadap jarak

Komponen untuk menunjang pertumbuhan ekonomi suatu daerah adalah jaringan prasarana dasar, yakni prasarana sistem jaringan transportasi. Oleh karena itu sejak Pembangunan Jangka Panjang (PJP) tahap 1 sampai sekarang. Pembangunan prasarana jalan raya mendapat prioritas utama agar kegiatan ekonomi dapat tumbuh dan berkembang sesuai yang diharapkan (Tamin,2000). Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi darat yang banyak berperan dalam menunjang kelancaran arus barang, jasa, aktivitas pemerintah serta dinamika sosial ekonomi masyarakat. Khusus untuk daerah perkotaan, jalan dapat menentukan sifat dan karakteristik struktur kota, baik secara langsung

maupun tidak langsung. Kondisi jalan dapat menentukan tingkat efektifitas serta efisiensi produksi serta kualitas interaksi sosial masyarakat, yang pada akhirnya dapat menentukan tingkat daya saing daerah secara keseluruhan.

2. Jalan Perkotaan

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), segmen jalan perkotaan atau semi perkotaan mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan, minimum pada suatu sisi jalan, apakah berupa perkembangan lahan atau bukan. Jalan dipusat atau dekat pusat perkotaan dengan penduduk lebih dari 100.000 jiwa selalu digolongkan dalam kelompok ini. Jalan di daerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100.000 jiwa juga digolongkan dalam kelompok ini jika mempunyai perkembangan samping jalan permanen dan terus menerus.

Indikasi penting tentang daerah perkotaan atau semi perkotaan adalah karakteristik arus lalulintas puncak pada saat pagi dan sore hari, secara umum lebih tinggi dan terdapat perubahan komposisi lalulintas (dengan perbandingan prosentase kendaraan pribadi dan sepeda motor yang lebih tinggi, dan prosentase truk berat yang lebih rendah dalam arus lalulintas).

Peningkatan arus lalulintas yang berarti pada jam puncak biasanya menunjukkan perubahan distribusi lalulintas (tidak seimbang). Oleh karena

itu batas segmen jalan harus dibuat antara segmen jalan luar kota dan jalan semi perkotaan.

Tipe jalan perkotaan adalah sebagai berikut :

1. Jalan dua, lajur dua arah (2/2 UD); UD= *Undivided*/tanpa median
2. Jalan empat, lajur dua arah (4/2 UD) :
 - a. Terbagi (yaitu dengan median) (4/2D)
 - b. Tak terbagi (yaitu tanpa median)(4/2UD)
3. Jalan enam, lajur dua arah (6/2D); D = *Divided*/ dengan median
4. Jalan satu arah (1-3/3) .

B. Kapasitas dan Tingkat Pelayanan Jalan

Menurut Morlok (1991), terdapat dua karakteristik utama dari arus kendaraan yang melalui ruas jalan dan persimpangan. Salah satunya ialah kapasitas ataupun volume maksimum yang dapat ditampung ruas jalan atau persimpangan tadi. Jumlah kendaraan yang berada pada suatu jalur gerak mempunyai pengaruh yang besar terhadap kecepatan volume kendaraan dengan melihat hubungan fundamental arus kendaraan. Oleh karena itu walaupun terdapat suatu volume maksimum yang dapat ditampung oleh suatu fasilitas transpor, penting juga untuk mengetahui hubungan antara kecepatan dan volume untuk setiap kerja transportasi yang praktis, karena kecepatan merupakan salah satu karakteristik yang penting dalam mutu pelayanan transportasi.

Volume dan kecepatan juga mempengaruhi karakteristik-karakteristik penting lainnya dari pelayanan transportasi, seperti kemungkinan terjadinya

kecelakaan dan berat tidaknya kecelakaan yang terjadi itu. Kita tentu mengetahui bahwa kecelakaan ini akan meningkat, baik dalam jumlah maupun dalam tingkatnya apabila kecepatan dan volume kendaraan bertambah pula. Pertanyaan akan timbul mengenai hubungan apa yang ada pada suatu fasilitas transportasi di mana volume dan kecepatan saling berhubungan sesamanya. Juga apabila volume lalu lintas pada suatu jalan meningkat dan bertambah sukar untuk mempertahankan suatu kecepatan yang konstan, seorang pengemudi akan mengalami kelelahan yang lebih besar, dan usaha-usaha angkutan berjadwal akan mendapat kesukaran yang lebih besar dalam memenuhi waktu perjalanan yang telah direncanakan. Jadi masih banyak aspek penting lainnya mengenai arus kendaraan disamping waktu perjalanan atau kecepatan, dari keseluruhan aspek ini biasa disebut *tingkat pelayanan*. Walaupun tidak mungkin untuk menguraikan semua aspek perjalanan pada suatu arus jalan atau persimpangan.

Menurut Morlok (1991), ada beberapa aspek yang penting dapat dikemukakan, antara lain ialah :

1. Waktu perjalanan (atau kecepatan)
2. Keterandalan (variasi dalam waktu total)
3. Kenyamanan
4. Keamanan (bebas dari kerusakan untuk barang angkutan)
5. Biaya

Jadi, merupakan hal yang layak untuk mengetahui hubungan antara volume dan karakteristik arus kendaraan yang lainnya beserta aspek tingkat

pelayanan, cara yang terbaik untuk menentukan hubungan ini ialah dengan mengamati fasilitas transportasi yang sebenarnya dalam operasinya. Variabel-variabel dan hubungan-hubungan akan didapatkan dari pengetahuan-pengetahuan yang telah ada sebelumnya dan menarik kesimpulan secara hati-hati dari teori-teori mengenai sifat kendaraan. Alat-alat bantu untuk menganalisis seperti diagram waktu-ruang juga akan berguna. Pentinglah untuk memeriksa setiap hubungan yang didapat dengan data yang sebenarnya pada sistem yang nyata, karena mudah sekali kita mengasumsikan suatu arus kendaraan yang ideal yang sebenarnya praktis tidak mungkin terjadi, kecuali pada kondisi-kondisi luar biasa.

Apabila terdapat kesalahan pada hubungan-hubungan yang dipergunakan, maka terdapat kesalahan dalam disain maupun operasi dari fasilitas transportasi tersebut. Suatu kegiatan transportasi yang berfungsi bagi masyarakat dan kesejahteraannya, penggunaan hubungan yang ideal atau murni teoritis hanya dapat ditoleransi apabila kurangnya informasi-informasi mengenai hal tersebut. Untunglah bahwa dalam ruang lingkup transportasi hal di atas jarang dijumpai.

Menurut Morlok (1991), jumlah riset untuk meneliti kapasitas dan hubungan antara volume dengan tingkat pelayanan secara umum cukup berbeda-beda di antara teknologi- teknologi transportasi. Oleh karena tingkat pelayanan yang buruk dan masalah kapasitas merupakan hal yang paling banyak dihadapi di dalam transportasi jalan raya, banyak studi mengenai kapasitas telah dilakukan untuk bidang di atas. *Riset* yang

dilakukan pada kapasitas jalan kereta api, terutama lalu-lintas pada lintas utama yang dibangun puluhan tahun lalu (bahkan seabad atau lebih yang lalu) telah mendekati kapasitas maksimumnya, dan pengeluaran yang besar diperlukan untuk mengurangi kesesakan yang terjadi. Pada transpor air dan udara masalah dalam kapasitas hampir selalu terdapat pada terminalnya, dan oleh karena itu sebagian besar hubungan-hubungan kapasitas selayaknya dibahas dalam konteks mengenai desain dan operasi terminal. Oleh karena itu hubungan-hubungan yang sebenarnya pada kapasitas, volume dan tingkat pelayanan yang di sajikan pada bagian ini terutama akan dikaitkan dengan transpor jalan. Walaupun demikian prinsip-prinsip dan metode-metode yang sama berlaku pula terhadap teknologi lainnya.

Dalam penyajian mengenai kapasitas prasarana jalan dan tingkat pelayanan akan dapat dilihat bahwa hubungan-hubungan tersebut meliputi arus kendaraan pada suatu bagian jalan atau jalur gerak, termasuk ruas(*link*) dan persimpangan (*intersection*). Sebagai contoh, hubungan-hubungan untuk jalan bebas hambatan menerangkan bagian-bagian di mana termasuk semua jalur lalu-lintas (dalam satu arah), di antara dan pada lokasi-lokasi jalan masuk dan jalan ke luar, yang merupakan persimpangan pada jenis ini. Pembahasan yang dikombinasikan ini pada umumnya diperlukan, oleh karena berfungsinya persimpangan-persimpangan akan mempengaruhi jalan yang menghubungkannya, dan begitu pula sebaliknya. Walaupun demikian apabila persimpangan-

persimpangan terisolir satu dari yang lainnya, maka ruas dan persimpangan dapat dibahas secara tersendiri.

1. Tingkat Pelayanan

Menurut Morlok (1991), kecepatan atau waktu perjalanan merupakan sesuatu yang penting untuk pemakai sistem transportasi dan mudah mengukurnya, maka lebih banyak studi yang telah dilakukan untuk itu dibandingkan dengan aspek-aspek yang lainnya. Oleh karena banyak ilmu yang telah dikembangkan untuk bidang transportasi jalan, maka bidang ini akan terlebih dahulu diterangkan. Kebanyakan konsep-konsep yang ada bersifat umum dan dapat diterapkan dengan mudah pada moda transportasi lainnya.

Para insinyur jalan raya telah lama menyadari bahwa kecepatan bukanlah satu-satunya variabel yang penting untuk tingkat pelayanan. Oleh karena itu mereka telah mencoba mengembangkan suatu ukuran komprehensif mengenai tingkat pelayanan ini, yang meliputi faktor-faktor berikut (*Highway Capacity Manual, 1965*) :

- a. Kecepatan atau Waktu Perjalanan
- b. Kebebasan untuk *manuver*
- c. Keamanan (kecelakaan dan bahaya-bahaya potensial lainnya)
- d. Kenikmatan dan kenyamanan mengemudi
- e. Ekonomi (biaya operasi kendaraan)

Penentuan semua faktor diatas dengan ukuran-ukuran kuantitatif sebenarnya secara praktis adalah tidak mungkin, walaupun peneliti-peneliti,

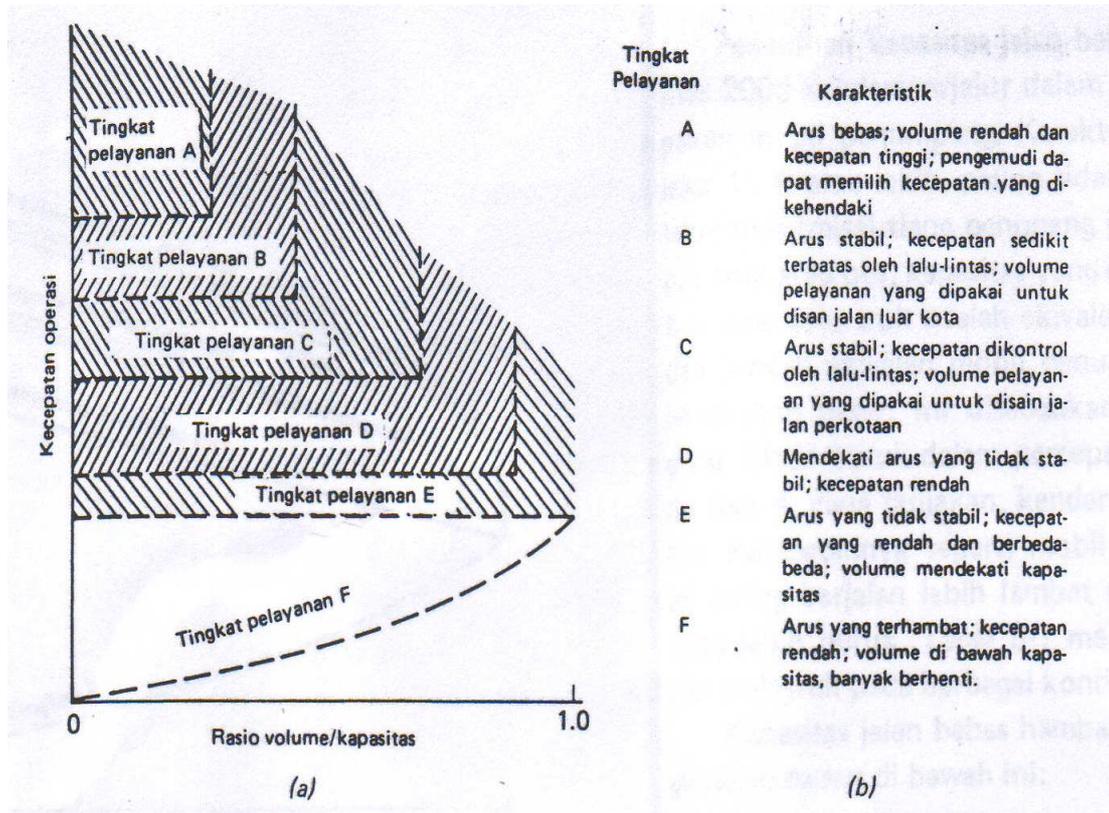
terutama psikolog sedang mencoba memberikan penilaian kepada beberapa hal seperti kenyamanan ataupun ketegangan dalam mengemudi. Apabila semua faktor diatas dapat ditentukan dan kepentingan masing-masing terhadap pengemudi (dan penumpang) secara relatif dapat diukur, maka suatu ukuran yang menyeluruh dari tingkat pelayanan pada jalan raya akan dapat ditetapkan.

Oleh karena pada saat ini kemampuan seperti diatas belum ada, maka para insinyur jalan raya biasanya mempergunakan dua ukuran dalam tingkat pelayanan untuk jalan. Yang pertama ialah *kecepatan atau waktu perjalanan*, yaitu suatu nilai rata-rata dan biasanya merupakan kecepatan rata-rata ruang. Ukuran yang kedua ialah *rasio antara volume lalulintas maksimum* yang dapat ditampung oleh jalan tersebut terhadap kapasitas jalan (Morlok,1991). Rasio volume terhadap kapasitas ini dirasakan sangat erat berkaitan dengan karakteristik tingkat pelayanan yang tidak dapat dikuantifisir dalam daftar diatas. Ini juga didukung oleh *survey – survey* yang dilakukan terhadap pengemudi, pengukuran ketegangan dalam mengemudi dan lain sebagainya. Menurut Oglesby, C.H. and R.Hicks,G. (1999), tingkat pelayanan (*level of service*) adalah sebagai ukuran dari pengaruh yang membatasi akibat peningkatan volume lalulintas.

Menurut Morlok (1991), tingkat pelayanan ditentukan dalam suatu skala interval yang terdiri dari 6 tingkatan. Tingkatan-tingkatan ini disebut A, B, C, D, E dan F. Dimana A merupakan tingkat pelayanan tertinggi. Apabila volume meningkat maka tingkat pelayanan menurun, suatu akibat dari arus lalulintas yang lebih buruk dalam kaitannya dengan karakteristik-

karakteristik pelayanan yang disebut dalam daftar diatas. Sebagai contoh, apabila volume meningkat maka kecepatan biasanya berkurang, kebebasan manuver juga berkurang disebabkan oleh karena bertambah banyaknya kendaraan yang ada, dan kenyamanan dalam mengemudi juga berkurang oleh karena harus mengawasi gerakan kendaraan-kendaraan yang lebih banyak.

Hubungan secara umum antara tingkat pelayanan dengan kapasitas terlihat pada gambar 2 (*Highway C.M, 1965*). Titik dimana suatu perubahan dibuat dalam tingkat pelayanan misal dari A ke B, ditentukan berdasarkan pertimbangan teknis secara kolektif. Definisi dari tingkat pelayanan juga diberikan pada gambar tersebut. Pada definisi tersebut istilah volume pelayanan berarti bahwa untuk kepentingan disain, suatu sarana seharusnya dibangun dengan kapasitas yang cukup untuk menjamin bahwa volume lalu lintas selalu akan menghasilkan suatu rasio volume terhadap kapasitas yang bertentangan dengan tingkat pelayanan yang dikehendaki (misal B). Perlu untuk diperhatikan bahwa tingkat pelayanan tidak selalu harus berkaitan dengan suatu kecepatan tertentu, sehingga satu ukuran tidak dapat menggantikan yang lainnya.



Gambar 2. Hubungan umum antara kecepatan, tingkat pelayanan dan rasio volume terhadap kapasitas untuk jalan. (a) Hubungan yang tergambar secara grafis. (b) Karakteristik tingkat pelayanan .

Menurut Tamin (2000), terdapat dua definisi tentang tingkat pelayanan suatu ruas jalan yaitu :

a. Tingkat pelayanan (tergantung arus)

Hal ini berkaitan dengan kecepatan operasi atau fasilitas, yang tergantung pada perbandingan antara arus terhadap kapasitas. Oleh karena itu, tingkat pelayanan pada suatu jalan tergantung pada arus lalu lintas. Definisi ini digunakan oleh *Highway capacity Manual*, diilustrasikan pada gambar 1, yaitu:

1. Tingkat pelayanan A - arus bebas

2. Tingkat pelayanan B - arus stabil (untuk merancang jalan antar kota)
 3. Tingkat pelayanan C - arus stabil (untuk merancang jalan perkotaan)
 4. Tingkat pelayanan D - arus mulai tidak stabil
 5. Tingkat pelayanan E - arus tidak stabil (tersendat-sendat)
 6. Tingkat pelayanan F - arus terhambat (berhenti, antrian, macet)
- b. Tingkat pelayanan (tergantung fasilitas)

Hal ini sangat bergantung pada jenis fasilitas, bukan arusnya. Jalan bebas hambatan mempunyai tingkat pelayanan yang tinggi, sedangkan jalan yang sempit mempunyai tingkat pelayanan yang rendah.

2. Hubungan Kecepatan-Volume-Kapasitas

a. Kecepatan

Berbagai defenisi kecepatan dapat dipakai untuk menerangkan gerakan dari banyak kendaraan pada suatu jalur gerak. Yang paling berguna ialah kecepatan rata-rata ruang. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI;1997), menggunakan kecepatan tempuh sebagai ukuran utama kinerja segmen jalan, karena mudah dimengerti dan diukur, dan merupakan masukan yang penting untuk biaya pemakai jalan dalam analisa ekonomi. Kecepatan tempuh dalam manual didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata ruang dari kendaraan sepanjang segmen jalan.

$$\text{Rumus : } \bar{U}_s = \frac{L}{TT} \quad (1)$$

Dimana :

\bar{U}_s adalah kecepatan rata-rata ruang (km/jam)

L adalah panjang segmen (km)

TT adalah Waktu tempuh rata-rata sepanjang segmen (jam)

b. Volume lalu lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati satu titik dalam interval tertentu, atau jumlah kendaraan yang melalui ruas yang ditentukan dalam interval waktu tertentu (Pignataro, 1973).

Volume lalulintas harian atau biasa disebut juga dengan lalulintas harian rata-rata (LHR) dipergunakan untuk :

1. Desain jalan antar kota
2. Menentukan tingkat pertumbuhan lalulintas
3. Menganalisis variasi lalulintas perjam, harian, bulanan dan atau musiman
4. Analisis kecelakaan (menghubungkan jenis dan jumlah kecelakaan terhadap arus lalulintas dan kendaraan)
5. Perencanaan jaringan dan pendanaan

Kombinasi lalulintas di daerah perkotaan cenderung lebih besar dibandingkan di daerah antar kota. Oleh karena itu volume per jam lebih penting dari pada volume harian, dan khususnya volume pada jam sibuk. Volume jam sibuk ini biasanya jauh lebih tinggi dari pada arus lalulintas rata-rata selama satu hari.

Volume jam sibuk biasanya digunakan untuk :

- a. Menentukan volume per jam tertinggi untuk memperkirakan volume per jam disain (yaitu volume per jam tertinggi ke-n) untuk keperluan disain
- b. Perencanaan dan disain pengendalian persimpangan
- c. Perencanaan dan disain usulan manajemen lalulintas

Dalam sebuah aliran lalu lintas pada suatu ruas jalan raya terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas yaitu : Volume, Kecepatan dan Kerapatan. Hubungan dasar dari ketiga variabel tersebut selanjutnya dinyatakan dalam suatu hubungan matematis sebagai berikut :

$$V = D \cdot \bar{U}_s \quad (2)$$

Dimana :

V adalah Volume Lalu lintas (kend./jam)

\bar{U}_s adalah Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)

D adalah Kerapatan (kend./km)

c. Kapasitas

Menurut Tamin (2000), kapasitas jalan adalah arus maksimum yang melewati suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan persatuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan dua lajur dua arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah). Namun untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur. Kapasitas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp).

Menurut Oglesby, C.H. and R.Hicks,G. (1999), kapasitas jalan adalah kapasitas satu ruas jalan dalam satu sistem jalan raya adalah jumlah kendaraan maksimum yang memiliki kemungkinan yang cukup untuk melewati ruas jalan tersebut dalam periode waktu tertentu dan dibawah kondisi jalan dan lalu lintas yang umum.

Menurut Tamin (2000), persamaan untuk menghitung kapasitas suatu ruas jalan menurut metode Manual Kapasitas jalan Indonesia (MKJI,1997) untuk daerah perkotaan adalah sebagai berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \quad (\text{smp/jam}) \quad (3)$$

Dimana :

C adalah kapasitas (smp/jam)

C_o adalah kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w adalah faktor koreksi kapasitas untuk lebar jalan

FC_{SP} adalah faktor koreksi kapasitas akibat pembagian arah (tidak berlaku untuk jalan satu arah)

FC_{SF} adalah faktor koreksi kapasitas akibat hambatan samping

FC_{CS} adalah faktor koreksi kapasitas akibat ukuran kota (jumlah penduduk)

Menurut Morlok (1991), penentuan kapasitas jalan bebas hambatan dan jalan ekspres dimulai dengan kapasitas 2000 kendaraan/jalur dalam kondisi desain yang ideal dan semua kendaraan merupakan mobil penumpang. Kapasitas jalan bebas hambatan atau jalan tol dapat dihitung dengan mempergunakan rumus dibawah ini :

$$C = 2000 N.W.Tc.Bc \quad (4)$$

Dimana :

C adalah kapasitas total untuk satu arah, campuran berbagai jenis kendaraan, kendaraan/jam

N adalah jumlah lajur pada satu arah

W adalah faktor penyesuaian untuk lebar lajur dan ruang bebas, biasanya antara 0,9 sampai 1,0

T_c adalah faktor penyesuaian untuk truk

B_c adalah faktor penyesuaian untuk bus

Perkiraan T_c dan B_c didapat dari persamaan-persamaan :

$$T_c = \frac{100}{100 - PT + ET.PT} \quad (5)$$

$$B_c = \frac{100}{100 - PB + EB.PB} \quad (6)$$

Dimana :

PT adalah persentase truk

PB adalah persentase bus

ET adalah ekivalen mobil penumpang dari truk (Tabel 1)

EB adalah ekivalen mobil penumpang dari bus (Tabel 1)

Tabel 1. Nilai ekuivalen rata-rata mobil penumpang untuk truk dan bus pada jalan bebas hambatan dan jalan ekspres

Tingkat Pelayanan	Ekivalen	Ekivalen untuk		
		Medan datar	Medan bergelombang	Medan pegunungan
A		Sangat bervariasi; satu atau lebih truk akan menghasilkan pengaruh yang sama, yang mengakibatkan lalu lintas lainnya berpindah ke jalur jalan yang lain. Penggunaan ekuivalen untuk tingkat-tingkat yang lain (B dan E) dalam menyelesaikan masalah.		
B s/d E	ET untuk truk	2	4	8
	EB untuk bus	1,6	3	5

Sumber: *Highway capacity manual* (1965)

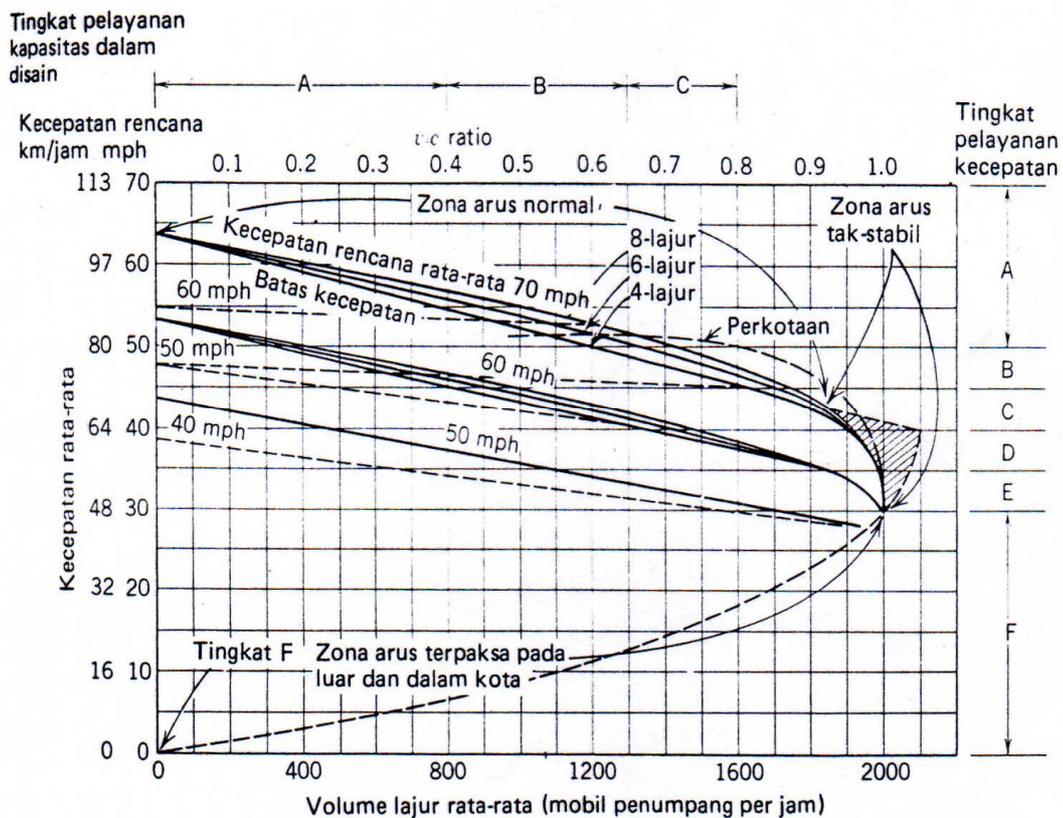
2.1 Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Raya Berlajur Banyak

Menurut Oglesby, C.H. and R.Hicks,G. (1999), pengetahuan tentang hubungan antara kecepatan, volume, dan kapasitas adalah sangat mendasar untuk mengerti peran kapasitas dalam rangka disain dan operasi jalan raya. Gambar 3 memperlihatkan hubungan-hubungan diatas pada jalan bebas hambatan atau jalan ekspres berlajur tunggal sebagai ilustrasi.

Bila sebuah kendaraan bergerak sendirian di atas jalur jalan, pengemudinya dapat mengatur kecepatan sesuai kecepatan rencana yang berlaku. Situasi ini ditunjukkan pada bagian awal kurva dibagian kiri atas gambar 3. Namun, karena jumlah kendaraan pada lajur itu meningkat, kebebasan pengemudi dalam memilih kecepatan kendaraanya menjadi terbatas. Keterbatasan ini sering membawa akibat berkurangnya kecepatan. Sebagai contoh, banyak hasil pengamatan menunjukkan bahwa

pada jalan dengan kecepatan rencana 70 mph (113 km/jam), bila volumenya mencapai 1900 mobil penumpang perjam, kecepatan lalulintas akan diperlambat sampai kira-kira 43 mph (70 km/jam). Bila volume ini meningkat lagi, kondisi arus normal yang relatif stabil yang umumnya terjadi pada volume yang sedikit lebih rendah, akan terputus. Zona yang tidak stabil ini diperlihatkan sebagai bidang yang diarsir pada bagian kanan gambar 3. Salah satu konsekuensi yang mungkin adalah arus lalulintas mencapai keadaan stabil bila kapasitas mencapai sekitar 2000 kendaraan per jam pada kecepatan 30 (48 km/jam) sampai 40 mph (65 km/jam) seperti ditunjukkan oleh garis kurva pada gambar 3. Seringkali aliran lalulintas terganggu sehingga terjadi penurunan kecepatan, pada kecepatan ekstrim, kendaraan akan berhenti total. Dalam keadaan volume arus lalulintas akan berkurang dengan cepat dan keadaan ini dikenal sebagai "arus terpaksa" ("*forced flow*"). Volume pada keadaan *forced flow* diperlihatkan dengan kurva garis putus-putus pada gambar 3.

Pengaruh dari penetapan batas kecepatan sebesar 60 mph (97 km/jam), 50 mph (80 km/jam) , dan 40 mph (65 km/jam) diperlihatkan oleh garis putus-putus pada gambar 2 (*Highway C.M,1965*). Kurva untuk kecepatan 55 mph (88 km/jam) dapat digambar pada pertengahan antara kurva kecepatan 50 mph (80 km/jam) dan 60 mph (97 km/jam) untuk mengetahui pengaruh dari batas kecepatan 55 mph (88 km/jam) yang ditetapkan oleh pemerintah federal, tetapi ini hanya merupakan perkiraan saja karena tingkat pengaturan pada tiap negara bagian sangat bervariasi.

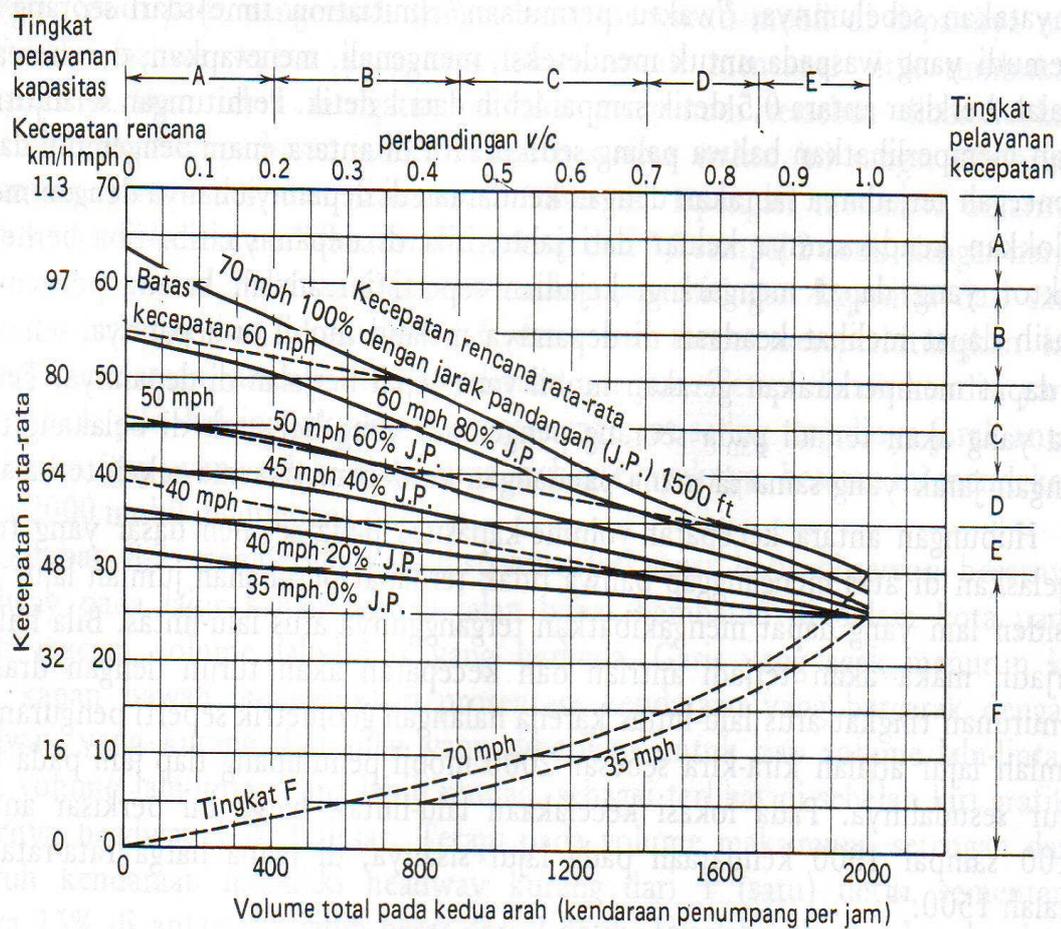


Gambar 3. Hubungan volume lalu lintas pada tiap lajur dan kecepatan

2.2 Jalan Raya dengan Dua dan Tiga Lajur

Gambar 4 memperlihatkan hubungan kecepatan-volume pada jalan dua-lajur, dua arah. Pada volume lalu lintas yang hanya sedikit mengalami gangguan dari kendaraan lain, pengemudi dapat bergerak dengan kecepatan arus bebas. Tetapi, pada saat volume meningkat, interferensi antara kendaraan menyebabkan turunnya kecepatan, seperti terlihat pada gambar 4. Bila timbul kemacetan, sama seperti pada fasilitas jalan raya berlajur banyak, kecepatan akan merosot tajam dan terjadi kondisi " arus terpaksa" (*forced flow*) seperti ditunjukkan oleh garis putus-putus dibagian bawah gambar 4 (*Highway C.M, 1965*).

Gambar 4 memperlihatkan pula bahwa kapasitas jalan raya dua-arah secara keseluruhan adalah 2000 kendaraan per jam untuk dua arah, yang sebenarnya hanya merupakan setengah dari jumlah kendaraan pada dua-lajur dengan satu arah, hal ini dapat berarti bahwa pada satu arah terdapat kapasitas sebesar 2000 kendaraan sedang pada arah yang lain tidak terdapat sama sekali, atau masing-masing arah terdapat 1000 kendaraan, atau kombinasi lainnya yang berjumlah 2000 kendaraan.



Gambar 4. Tingkat pelayanan hubungan dengan kecepatan dan volume lalu lintas

C. Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

1. Penentuan Standar Operasional

Perhitungan untuk memperoleh besaran satuan biaya pengangkutan dari suatu struktur biaya, pada dasarnya bertitik tolak dari pada patokan harga tertentu pada beberapa variabel perhitungan. Beberapa data lainnya dapat dipertimbangkan sebagai data empiris yang dapat diambil dengan sedikit pengolahan statistik dari kenyataan sehari-hari. Patokan harga tertentu pada variabel-variabel tersebut dalam tulisan ini disebut sebagai standar operasi. Besarnya standar operasi lazimnya diambil berdasarkan spesifikasi teknis kendaraan atau diturunkan dari model perusahaan angkutan yang telah dikembangkan sebelumnya. Dalam menentukan standar operasi antara lain :

- a. Umur ekonomis kendaraan, umur ekonomis kendaraan adalah besarnya rentang waktu dimana kendaraan masih dapat dioperasikan dengan tepat dan efisien sejak kendaraan pertama kali. Lama umur ekonomis ini pada dasarnya dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu : jarak tempuh, cara pengoperasian, cara pemeliharaan, besar muatan dan kondisi lalulintas. Untuk kebutuhan teknis dalam struktur biaya, pengertian umur ekonomis dapat dikatakan sebagai umur depresi. Pada kenyataan tidak ada pabrik pembuat kendaraan yang secara rinci menyebutkan berapa kilometer atau tahun kendaraan produksinya dapat dioperasikan secara ekonomis. Oleh karena itu penetapan standar operasi untuk dipertimbangkan atas

pangalaman-pengalaman. Oleh Departemen Perhubungan seperti seperti dikutip dari Zainal A.M (2001) untuk penyusutan diambil masa lima tahun dan BOK diambil dari kendaraan berumur medium yaitu umur delapan tahun sampai dengan sembilan tahun.

- b. Jarak tempuh rata-rata, jarak tempuh rata-rata adalah produksi kilometer rata-rata per tahun dari kendaraan yang dioperasikan. Produksi kilometer per tahun dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, kondisi lalulintas, rute serta karakteristik permintaan/penyediaan yang dihadapi, disamping kondisi kendaraannya sendiri. Standar yang dipakai oleh Departemen Perhubungan adalah 200 kilometer perhari.
- c. Jumlah penumpang, besarnya jumlah penumpang yang menyatakan tingkat pertumbuhan rata-rata yaitu rata-rata jumlah penumpang yang terangkut setiap rit yang sesuai dengan kapasitas kendaraan.
- d. Operasi dan pemeliharaan, dalam kegiatan operasi kendaraan memerlukan bahan bakar, minyak pelumas, dan ban yang digunakan berbanding lurus dengan jarak yang ditempuh oleh kendaraan, dan angka perbandingan ini ditetapkan sebagai atandar operasi. Disamping itu perlu penggantian peralatan dan secara priodik perlu diservis dan diadakan pergantian peralatan tertentu.
- e. Jam kerja operasi, untuk perhitungan produksi angkutan maka perlu ditetapkan jam kerja operasi kendaraan. Secara normal kendaraan dapat dioperasikan selama 12 jam perhari dan selama 300 sampai dengan 312 hari dalam setahun (25 atau 26 hari dalam sebulan),

oleh karena terdapat sejumlah hari yang diperlukan untuk kegiatan pemeliharaan kendaraan.

2. Struktur Biaya

Pada prinsipnya pengklasifikasian biaya ke dalam biaya-biaya tetap, biaya-biaya tidak tetap, biaya langsung dan biaya tidak langsung, dan lain-lain tidak akan mempengaruhi hasil total biaya angkutan. Yang penting adalah tidak ada komponen biaya yang tertinggal atau yang dihitung secara ulang. Masalah yang timbul biasanya adalah bagaimana besar biaya yang akan diestimasikan dan informasi mana saja yang dapat digunakan.

Komponen biaya yang akan diperhitungkan adalah sebagai berikut:

a. Biaya tetap, adalah biaya yang tidak tergantung dari besar produksi yang dihasilkan, seperti:

- 1). Biaya bunga modal, yaitu biaya yang dikeluarkan untuk bunga modal dihitung berdasarkan besarnya uang yang dipinjamkan untuk pembelian kendaraan. Tingkat bunga modal dihitung berdasarkan tingkat bunga kredit bank yang berlaku. Rumus yang digunakan adalah menurut Jinca M.Y dalam tesis Latif (2004).

$$BM = [(n+1)/2 \times (H \times S)/t] H/t \quad (7)$$

Dimana :

BM adalah bunga modal

H adalah harga kendaraan

S adalah besar suku bunga

t adalah Jangka waktu pinjaman

n adalah tahun ke sekian

Sedangkan jika dihitung berdasarkan biaya bunga modal kendaraan per 1000 kilometer yang dikutip dari *Road User Cost Model* (1991) dapat dihitung sebesar 0.20% dikalikan dengan harga kendaraan baru seperti diuraikan oleh Waldoyono (1984).

2) Biaya Penyusutan Kendaraan, yaitu biaya yang dikeluarkan atas penyusutan nilai kendaraan karena berkurang umur ekonomis. Ada dua metode yang dapat digunakan untuk menghitung biaya ini, yaitu:

- Metode pengurangan berimbang. Metode ini menggunakan prinsip bahwa penyusutan kendaraan pada tahun-tahun awal lebih besar dari nilai penyusutan pada akhir penggunaannya. Rumus (Waldiyono, 1984)

$$X = 1 - [L/P]^{1/n} \quad (8)$$

$$D_k = X \cdot L_{k-1} \quad (9)$$

$$L_k = P (1 - X)^k \quad (10)$$

$$L_k = P [L/P]^{k/n} \quad (11)$$

Dimana :

X adalah tingkat depresiasi

L adalah nilai sisa

L_k adalah nilai sisa tahun akhir ke-k

D_k adalah penyusutan tahun akhir ke-k

P adalah harga awal

- Metode Garis Lurus. Metode ini menggunakan prinsip dana penyusutan sama untuk setiap tahunnya selama umur ekonomis.

Rumus yang digunakan adalah (Wildiyono 1984)

$$D = P - L / n \quad (12)$$

$$S = P - L \quad (13)$$

Dimana :

P adalah harga awal

L adalah nilai sisa

D adalah harga penyusutan

n adalah umur ekonomis

S adalah biaya yang harus dikembalikan

Maka nilai sisa tahun Ke-k adalah :

$$L_k = P \cdot K/n \cdot [P - L] \quad (14)$$

Menurut Jinca (2001), cara perhitungan depresiasi sebagai berikut :

$$\text{Depresiasi} = D (VP/KA) \quad (15)$$

Dimana :

VP adalah harga kendaraan baru (Rp)

KA adalah rata-rata jarak tempuh kilometer per tahun (diambil 175.000 km)

$$D = \sum_{Y=1}^8 (Y.f)$$

Tabel 2. Faktor depresiasi (f)

Umur Kendaraan	Faktor f
1	0,310
2	0,163
3	0,114
4	0,091
5	0,077
6	0,0676
7	0,060
8	0,054
> 8 tahun	0,000

Sumber : Jinca (2001)

- 3) Biaya asuransi. Biaya asuransi, terdiri dari biaya asuransi kendaraan dan jasa raharja. Dengan membayar asuransi, maka kendaraan terlepas dari resiko membayar akibat kecelakaan atau kehilangan kendaraan, dan untuk awak kendaraan apabila terjadi kecelakaan akan mendapat ganti rugi pengobatan dan santunan bagi keluarga bila awak kendaraan meninggal dunia. Besarnya asuransi berbeda-beda tergantung jenis kendaraan.
- 4) Biaya tetap lainnya. Berupa biaya perizinan dan pajak-pajak yang besarnya tergantung pada daerah masing-masing dan besarnya biaya ditetapkan berdasarkan perda. Biaya-biaya ini terdiri dari :
- a. Biaya izin usaha
 - b. Biaya pajak kendaraan
 - c. Biaya iuran organda

Total biaya tetap per tahun adalah penjumlahan dari biaya-biaya tetap.

Sedangkan biaya tetap per-rit dihitung dengan rumus :

$$BT_{rit} = BT/R_{th} \quad (16)$$

Dimana :

BT_{rit} adalah biaya tetap rata-rata per-rit

BT adalah total biaya tetap per tahun

R_{th} adalah jumlah rit per tahun

b. **Biaya variabel.** Besar biaya variabel ini umumnya tergantung pada :

- 1) Jarak tempuh sebagai biaya kendaraan per kilometer, jarak tempuh ini akan menentukan jumlah pemakaian bahan bakar, minyak pelumas, ban, pemeliharaan kendaraan dan perbaikan kendaraan.
- 2) Kecepatan kendaraan yaitu waktu perjalanan terhadap pemakaian bahan bakar, minyak pelumas dan lain-lain.
- 3) Biaya yang tergantung dari tipe kendaraan dan kondisinya.
- 4) Kondisi jalan dan geometriknya, seperti tipe besar dan kelandaian, radius dan jumlah lengkung horisontal, dan juga pada topografi daerah.
- 5) Faktor lalu lintas seperti tingkat kemacetan, volume, kapasitas, karakteristik arus lalu lintas, komposisi lalu lintas tertentu.

Biaya variabel dibagi dalam beberapa kelompok yaitu :

- a) Biaya bahan bakar ; yaitu biaya pembelian bensin untuk operasi kendaraan. Konsumsi bahan bakar setiap kendaraan berbeda untuk menempuh jarak satu kilometer, hal ini tergantung pada faktor; keterampilan pengemudi, ketepatan memilih gigi, kecepatan laju kendaraan, kepadatan jalan raya, keadaan permukaan jalan raya, kelandaian atau kemiringan jalan, jumlah dan lamanya kendaraan

berhenti. Disamping itu di antara beberapa kendaraan konsumsi bahan bakarnya bervariasi tergantung pada umur kendaraan, berat ukuran, efisiensi dan penyusutan mesin, serta kecepatan operator.

- b) Biaya minyak pelumas (oli); yaitu biaya untuk pembelian oli mesin, oli gardan, dan oli verseneling. Biaya minyak pelumas merupakan biaya yang relatif kecil dibanding biaya operasi lainnya dari kendaraan. Untuk menghitung pemakaian minyak pelumas (oli) digunakan rumus:

$$g = \frac{DKxF}{195,5} + \frac{e}{t} \quad (17)$$

Dimana :

g adalah pemakaian oli perjam (litr/jam)

DK adalah kekuatan mesin (HP = horse power)

F adalah faktor, untuk angka praktek diambil 0,5

t adalah waktu antara pergantian oli (jam)

Menurut Jinca (2001), rumus yang dikutip dari *Transportasi road Research Laboratory (TRRL)*, bahwa konsumsi dasar minyak pelumas dapat dihitung sebesar 4 liter per 1000 kilometer jarak tempuh kendaraan.

- c) Biaya ban; biaya untuk pembelian ban. Keausan ban dipengaruhi oleh kondisi permukaan jalan, kecepatan kendaraan, tikungan dan tanjakan jalan. Perhitungan umur pemakaian ban sangat sulit ditentukan oleh karena sangat tergantung oleh kekuatan yang sulit ditentukan, bahan baku, perputaran roda, berat ban dan kekasaran

jalan. Oleh karena itu sangat mungkin umur ban berada dibawah angka rata-rata taksiran.

Menurut Jinca (2001) rumus untuk menghitung pemakaian ban sebagai berikut :

$$TC = (83+0,0112R) \times GVw \cdot 10^{-7} \quad (18)$$

Dimana :

TC adalah pemakaian ban per kilometer

GVw adalah berat total kendaraan

R adalah roughness (mm/km)

- d) Biaya gaji kru; biaya untuk upah sopir. Gaji kru dapat digolongkan ke dalam biaya variabel, jika kru dibayar berdasarkan hari operasinya bukan berupa gaji tetap bulanan. Termasuk dalam biaya ini adalah biaya-biaya yang dikeluarkan untuk pemberian bonus dan lainnya bila hal tersebut diberikan berdasarkan prestasinya, maka besarnya gaji yang diperhitungkan biaya operasi kendaraan berdasarkan standar upah yang berlaku didaerah tersebut.
- e) Biaya perbaikan dan perawatan. Biaya pemeliharaan tergantung pada cuaca setempat, kondisi jalan, cara pemakaian kendaraan, kebiasaan pemilik untuk mengontrol dan memperbaiki kendaraannya, serta umur dari pada kendaraan itu sendiri. Biaya pemeliharaan meliputi; perbaikan kendaraan, pergantian suku cadang, pembetulan komponen-komponen mekanik dan tenaga. Besarnya biaya pemeliharaan kendaraan berdasarkan pengalaman dinyatakan dalam persentase tertentu terhadap besarnya harga

pokok atau terhadap penyusutan harga. Pada tahun-tahun pertama umur kendaraan, biaya perawatan dan perbaikan lebih kecil bila dibandingkan dengan tahun-tahun selanjutnya. Untuk menentukan biaya pemeliharaan digunakan cara *sum of the year digit* seperti diuraikan oleh Waldiyono (1986), sebagai gambaran diambil contoh sebagai berikut: misalnya umur ekonomis kendaraan 5 tahun, jumlah digit tahun = $1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15$. Berdasarkan pengalaman biaya pemeliharaan sebesar 40-70% biaya pokok. Untuk pengoperasian kendaraan ringan diambil 40% dari biaya pokok, maka biaya pemeliharaan adalah :

Tahun ke 1 = $1/15 \times 40\% \times \text{biaya pokok} = 2,67\% \times \text{biaya pokok}$

Tahun ke 2 = $2/15 \times 40\% \times \text{biaya pokok} = 5,33\% \times \text{biaya pokok}$

Tahun ke 3 = $3/15 \times 40\% \times \text{biaya pokok} = 8,00\% \times \text{biaya pokok}$

Tahun ke 4 = $4/15 \times 40\% \times \text{biaya pokok} = 10,67\% \times \text{biaya pokok}$

Tahun ke 5 = $5/15 \times 40\% \times \text{biaya pokok} = 13,33\% \times \text{biaya pokok}$

Biaya pemeliharaan per tahun = Biaya total/umur ekonomis

kendaraan.

Menurut Jinca (2001), bahwa biaya pemeliharaan kendaraan, biaya suku cadang dan jam kerja pemeliharaan, yang dapat dihitung

dengan rumus sebagai berikut :

$$PC = (1,72 + 0,00037R) VP \times \sqrt{k} \times 10^{-9} \quad (19)$$

$$LH = (2,975 - 0,078 R) PC/VP \quad (20)$$

Dimana :

PC adalah biaya suku cadang (Rp/km)

R adalah kekasaran permukaan jalan (mm/km), dengan nilai maks.
6000 m/km

VP adalah harga kendaraan baru (Rp)

K adalah komulatif kilometer tempuh harian (km)

LH adalah jam kerja pemeliharaan (jam/km)

- f) Biaya retribusi; biaya untuk retribusi dengan beroperasinya kendaraan. Oleh karena itu besarnya biaya ini ditentukan berdasarkan Perda pada masing-masing daerah pengoperasian kendaraan. Kendaraan biasanya akan dikenakan suatu biaya yang dibayar sekali dalam sehari jika kendaraan tersebut dioperasikan.

Total biaya variabel adalah penjumlahan dari biaya-biaya variabel tersebut diatas.

$$\mathbf{BV_{rit} = BV/R_{th}} \quad (21)$$

Dimana :

BV_{rit} adalah biaya variabel rata-rata per rit

BV adalah total biaya variabel

R_{th} adalah jumlah rit per tahun

Biaya pokok produksi jasa angkutan untuk sebuah kendaraan per tahun (BOK per tahun) adalah penjumlahan total biaya tetap per tahun dengan total biaya variabel per tahun, sedangkan dihitung biaya jasa angkutan untuk per rit maka rumusnya adalah :

$$\mathbf{BOK = BT_{rit} + BV_{rit}} \quad (22)$$

Dimana :

BOK adalah biaya operasional kendaraan

BT_{rit} adalah total biaya rata-rata per rit

BV_{rit} adalah total biaya variabel per rit

Menurut Oglesby, C.H. and R.Hicks,G. (1999), hasil penelitian yang terdapat pada buku merah (*red book*) yang dilakukan di Amerika Serikat pada tahun 1975 tentang faktor-faktor biaya operasi kendaraan terhadap perbedaan kecepatan dan bobot kendaraan nampak pada gambar 5, terdiri dari :

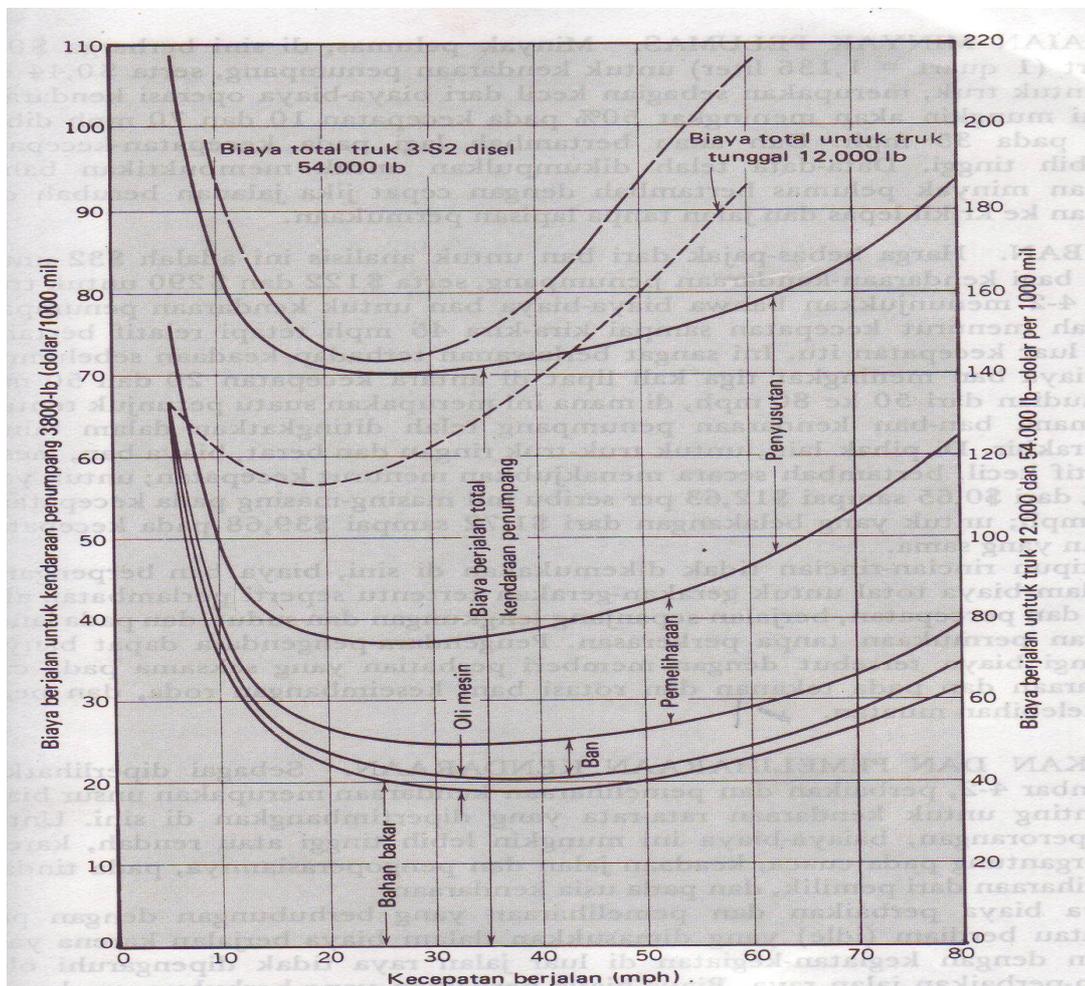
- a. konsumsi bahan bakar
- b. pemakaian minyak pelumas
- c. biaya ban
- d. perbaikan dan pemeliharaan kendaraan
- e. penyusutan

a. konsumsi bahan bakar

Konsumsi bahan bakar motor tiap mil perjalanan sangat bervariasi, untuk suatu kendaraan yang khusus, menurut kecakapan pengemudi, penyesuaian mesin, kecepatan, tingkat kemacetan jalan, permukaan jalan, atau lereng jalan, lengkung kelandaian, superelevasi jalan, lamanya berhenti dan temperatur serta ketinggian diatas permukaan laut.

Pada tiap kendaraan, faktor-faktor tersebut berbeda-beda menurut usia, bobot dan ukuran, efisiensi serta penyesuaian mesin dan transmisi, ketidak efisienan yang di sebabkan oleh peralatan pengendali kabut, jika diperlukan, dan kecakapan operator. Perkiraan panjang mil yang dapat

ditempuh tiap gallon bahan bakar pada berbagai kecepatan dapat ditentukan dari Gambar 5 untuk rata-rata kendaraan penumpang dengan membagi biaya yang dianggap bebas-pajak tiap gallon bahan bakar (\$0,40 gal untuk bensin) dengan biaya bahan bakar tiap mil yang dijalani. Untuk suatu kendaraan penumpang, 21,1 mil/gal didapatkan pada kecepatan 35 mph tetapi hanya 11,6 mil/gal pada kecepatan 10 mph, dan 12,5 pada kecepatan 80 mph. Bensin untuk truk-truk unit-tunggal berharga \$0,33/gal dan bahan bakar diesel \$0,31/gal.



Gambar 5 Hubungan kecepatan berjalan dan biaya berjalan untuk kendaraan (sumber data – red book)

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa kendaraan penumpang memerlukan bahan bakar yang paling sedikit jika berjalan pada kecepatan sekitar 35 mph. Pada kecepatan yang lebih rendah, efisiensi mesin dan pengendalian berkurang; pada kecepatan di atas batas ini, tahanan udara (*air resistance*) dan gesekan dalam (*internal friction*) menyebabkan pemakaian bensin meningkat. Bila, pada kecepatan 25 mph, sepertiga dari usaha tarik (*tractive effort*) dipakai oleh tahanan udara, pada kecepatan 55 mph tahanan udara memakai 70% dari keseluruhan.

Faktor-faktor lain seperti perlambatan dan percepatan kendaraan bila lalu-lintas macet, kemiringan, lengkungan, dan jenis permukaan juga mempengaruhi pemakaian bahan bakar.

b. Pemakaian minyak pelumas

Minyak pelumas, di sini berharga \$0,90 per quart (1 quart = 1,13 liter) untuk kendaraan penumpang, serta \$0,44 dan \$0,40 untuk truk, merupakan sebagian kecil dari biaya-biaya operasi kendaraan. Biaya ini mungkin akan meningkat 50% pada kecepatan 10 dan 70 mph dibandingkan pada 35 mph. Dan akan bertambah lagi pada kecepatan-kecepatan yang lebih tinggi. Data-data telah dikumpulkan untuk membuktikan bahwa pemakaian minyak pelumas bertambah dengan cepat jika jalanan berubah dari perkerasan ke krikil lepas dan jalan tanpa lapisan permukaan.

c. Biaya ban

Harga bebas-pajak dari ban untuk analisis ini adalah \$32 untuk tiap ban bagi kendaraan-kendaraan penumpang, serta \$122 dan \$290 untuk truk. Gambar 5 menunjukkan bahwa biaya-biaya ban untuk kendaraan penumpang bertambah menurut kecepatan sampai kira-kira 45 mph tetapi relatif bertahan tetap di luar kecepatan itu. Ini sangat berlawanan terhadap keadaan sebelumnya ketika biaya ban meningkat tiga kali lipat di antara kecepatan 20 dan 50 mph dan kemudian dari 50 ke 80 mph, dimana ini merupakan suatu petunjuk tentang sejauh mana ban-ban kendaraan penumpang telah ditingkatkan dalam tahun-tahun terakhir. Di pihak lain, untuk truk-truk ringan dan berat, biaya ban, meskipun relatif kecil, bertambah secara menakjubkan menurut kecepatan; untuk yang pertama, dari \$0,65 sampai \$12,63 per seribu mil masing-masing pada kecepatan 5 dan 60 mph.

Meskipun rincian-rincian tidak dikemukakan di sini, biaya ban berpengaruh besar dalam biaya total untuk gerakan-gerakan tertentu seperti perlambatan atau berhenti dan percepatan, berjalan sepanjang lengkungan dan sudut, dan pada landai curam dan permukaan tanpa perkerasan. Pengendara-pengendara dapat banyak mengurangi biaya tersebut dengan memberi perhatian pada cara pengendaraan dan pada tekanan dan rotasi ban, dan pengawasan kelebihan muatan.

d. Perbaikan dan pemeliharaan kendaraan

Sebagai diperlihatkan oleh Gambar 5, perbaikan dan pemeliharaan kendaraan merupakan unsur biaya yang penting untuk kendaraan rata-rata

yang dipertimbangkan disini. Untuk pemilik perorangan, biaya-biaya ini mungkin lebih tinggi atau rendah, karena sangat tergantung pada cuaca, keadaan jalan dan pengoperasiannya, pada tindakan pemeliharaan dari pemilik, dan pada usia kendaraan.

Hanya biaya perbaikan dan pemeliharaan yang berhubungan dengan perjalanan atau berdiam (*idle*) yang dimasukkan dalam biaya berjalan karena yang berkenaan dengan kegiatan-kegiatan di luar jalan raya tidak dipengaruhi oleh perbaikan-perbaikan jalan raya. Biaya-biaya perbaikan yang berhubungan dengan kecelakaan termasuk dalam biaya kecelakaan.

Seperti pada kendaraan penumpang, perkiraan biaya pemeliharaan untuk truk sangat meningkat menurut kecepatan. Untuk truk ringan, peningkatan tersebut adalah dari 3,1 sen permil pada kecepatan 5 mph sampai 5,9 sen pada kecepatan 60 mph.

e. Penyusutan

Penyusutan didefinisikan sebagai "gerakan yang tidak dapat dihindarkan menuju tumpukan barang rongsokan." Pertama, penyusutan di sebabkan oleh keausan (*wear*) yang kebanyakan terjadi pada jalan raya; keausan terutama tergantung pada panjang jalan. Kedua, disebabkan oleh keusangan (*obsolescence*) atau menjadi tidak memadai atau sudah ketinggalan zaman, ini terjadi baik kendaraan tersebut sering digunakan maupun tidak dan tergantung pada waktu. Nampaknya hanya penyusutan akibat keausan pada jalan raya saja yang akan dimasukkan dalam studi

ekonomi jalan raya, karena hanya itu yang akan terpengaruh oleh perbaikan-perbaikan jalan raya.

Menurut Morlok (1991), hasil penelitian yang dilakukan oleh AASHO (*American Association of State Highway Officials*) pada tahun 1959 di Amerika Serikat, untuk kondisi jalan raya dalam kondisi arus baik tentang hubungan komponen biaya operasi kendaraan terhadap perbedaan kecepatan dan kelandaian jalan nampak pada tabel 3, terdiri dari:

- a. Konsumsi bahan bakar
- b. Pemakaian ban
- c. Pemakaian minyak pelumas
- d. Pemeliharaan kendaraan
- e. Depresiasi.

Hal-hal yang mempengaruhi komponen biaya operasi kendaraan seperti diatas adalah : karakteristik daerah, jenis jalan, kondisi arus lalu lintas, kecepatan kendaraan, kelandaian dan alinemen jalan kecuali untuk pemeliharaan jalan dan tingkat depresiasi tidak dipengaruhi oleh hal-hal di atas. Dari tabel 3 dapat dilihat komponen biaya operasi kendaraan yang dikeluarkan terhadap kecepatan dan kelandaian jalan .

Tabel 3. Biaya operasi kendaraan penumpang pada jalan raya di Amerika pada tahun 1959

Kecepatan berjalan (mil/jam)	Kelandaian jalan (%)	Bahan bakar	Ban	Oli	Pemeliharaan dan perbaikan	Depresiasi	Total biaya operasi
28	0-3	1,81	0,19	0,15	1,20	1,50	4,85
	3-5	1,89	0,22	0,15	1,20	1,50	4,96
	5-7	1,98	0,28	0,15	1,20	1,50	5,11
	7-9	2,22	0,38	0,15	1,20	1,50	5,45
32	0-3	1,85	0,23	0,15	1,20	1,50	4,93
	3-5	1,93	0,26	0,15	1,20	1,50	5,04
	5-7	2,02	0,34	0,15	1,20	1,50	5,21
	7-9	2,25	0,46	0,15	1,20	1,50	5,56
36	0-3	1,94	0,29	0,16	1,20	1,50	5,09
	3-5	2,03	0,33	0,16	1,20	1,50	5,22
	5-7	2,14	0,43	0,16	1,20	1,50	5,43
	7-9	2,38	0,58	0,16	1,20	1,50	5,82
40	0-3	2,08	0,36	0,18	1,20	1,50	5,32
	3-5	2,18	0,41	0,18	1,20	1,50	5,47
	5-7	2,32	0,54	0,18	1,20	1,50	5,74
	7-9	2,61	0,72	0,18	1,20	1,50	6,24
44	0-3	2,30	0,45	0,21	1,20	1,50	5,66
	3-5	2,41	0,52	0,21	1,20	1,50	5,84
	5-7	2,58	0,67	0,21	1,20	1,50	6,16
	7-9	2,96	0,90	0,21	1,20	1,50	6,77
48	0-3	2,71	0,56	0,24	1,20	1,50	6,21
	3-5	2,85	0,64	0,24	1,20	1,50	6,43
	5-7	3,13	0,84	0,24	1,20	1,50	6,91
	7-9	3,45	1,12	0,24	1,20	1,50	7,51

komponen biaya dalam sen/kendaraan-mil

Sumber: American Association of State Highway Officials (1960)

Menurut Tamin (2000), hasil penelitian yang dikembangkan oleh LAPI-ITB (1997), bekerja sama dengan KBK rekayasa transportasi, Jurusan Teknik Sipil (ITB) melalui proyek kajian “perhitungan besar keuntungan biaya operasional kendaraan yang didanai oleh PT. Jasa Marga”, tentang hubungan komponen biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan dilakukan dengan pendekatan rumus seperti pada persama dibawah ini:

1. Biaya penyusutan

$$\text{Golongan I} : Y = 1/(2,5 v + 125) \quad (23)$$

$$\text{Golongan IIA} \quad : \quad Y = 1/(9,0 v + 450) \quad (24)$$

$$\text{Golongan IIB} \quad : \quad Y = 1/(6,0 v + 300) \quad (25)$$

Y = biaya penyusutan per 1.000 km (sama dengan 1/2 nilai penyusutan kendaraan).

2. Bahan bakar

$$\text{KBB} = \text{KBB dasar} \times (1 + (K_k + K_1 + K_r)) \quad (26)$$

$$\text{KKB dasar kendaraan golongan I} = 0,0284V^2 - 3,0644V + 141,68 \quad (27)$$

$$\text{KKB dasar kendaraan golongan IIA} = 2,26533 \times (\text{KKB dasar gol I}) \quad (28)$$

$$\text{KKB dasar kendaraan golongan IIB} = 2,90805 \times (\text{KKB dasar gol I}) \quad (29)$$

Dimana :

K_k adalah faktor koreksi akibat kelandaian

K_1 adalah faktor koreksi akibat kondisi arus lalu lintas

K_r adalah faktor koreksi akibat kekasaran jalan

V adalah kecepatan kendaraan (Km/jam)

Nilai K_k , K_1 dan K_r dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4. Faktor koreksi konsumsi bahan bakar dasar kendaraan

Faktor koreksi akibat kelandaian negative (K_k)	G < -5%	-0,337
	-5% [g < 0%	-0,158
Faktor koreksi akibat kelandaian positif (K_k)	0% [g < 5%	0,400
	G / 5%	0,820
Faktor koreksi akibat kondisi arus lalu lintas (K_1)	0 [NVK < 0,6	0,050
	0,6 [NVK < 0,8	0,185
	NVK / 0,8	0,253
Faktor koreksi akibat kekasaran jalan (K_r)	< 3 m/km	0,035
	/ 3 m/km	0,085

Sumber : LAPI-ITB (1997)

3. Minyak pelumas

Tabel 5. Konsumsi dasar minyak pelumas (liter/km)

Kecepatan (Km/jam)	Jenis Kendaraan		
	Golongan I	Golongan IIA	Golongan IIB
10-20	0,0032	0,0060	0,0049
20-30	0,0030	0,0057	0,0046
30-40	0,0028	0,0055	0,0044
40-50	0,0027	0,0054	0,0043
50-60	0,0027	0,0054	0,0043
60-70	0,0029	0,0055	0,0044
70-80	0,0031	0,0057	0,0046
80-90	0,0033	0,0060	0,0049
90-100	0,0035	0,0064	0,0053
100-110	0,0038	0,0070	0,0056

Sumber: LAPI-ITB (1997)

Tabel 6. Faktor koreksi Komsumsi Dasar Minyak Pelumas Terhadap Kondisi Kekasaran Permukaan Jalan

Nilai Kekasaran	Faktor
< 3 m/km	1,00
> 3 m/km	1,50

Sumber: LAPI-ITB (1997)

4. Pemakaian ban

$$\text{Kendaraan golongan I} : Y = 0,0008848 v - 0,0045333 \quad (30)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIA} : Y = 0,0012356 v - 0,0064667 \quad (31)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIB} : Y = 0,0015553 v - 0,0059333 \quad (32)$$

Dimana :

Y adalah pemakaian ban per 1000 km

V adalah kecepatan kendaraan (km/jam)

5. Biaya pemeliharaan (suku cadang)

$$\text{Kendaraan golongan I} : Y = 0,0000064 v + 0,0005567 \quad (33)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIA} : Y = 0,0000332 v + 0,0020891 \quad (34)$$

$$\text{Kendaraan golongan IIB} : Y = 0,0000191 v + 0,001540 \quad (35)$$

Dimana :

Y adalah biaya pemeliharaan suku cadang per 1000 km

V adalah kecepatan kendaraan (km/jam)

Menurut penelitian *Shio-Miao Chin* yang dilakukan di Amerika Serikat pada tahun 1975, hubungan komponen biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan terdiri dari :

- a. biaya ban
- b. biaya pelumas
- c. biaya bahan bakar
- d. biaya perawatan kendaraan

a. Biaya ban

Tabel 7 menunjukkan keausan ban mobil penumpang dalam cents/kendaraan-mile. Biaya ban dihitung dengan menggunakan biaya rata-rata yang dibobot (\$ 144) empat buah ban baru kualitas medium. \$ 144 diperoleh dari harga ban baru \$ 119 dikalikan dengan index harga (= 1,21).

Tabel 7. Biaya Keausan Ban Terhadap Perbedaan Kecepatan

Speed (mph)	Tire Wear Cost (/Vehicle-mile)
20	0.11
30	0.23
40	0.35
50	0.39
60	0.37
70	0.36
80	0.33

Sumber *U.S Bureau of Public Roads*

b. Biaya pelumas

Kebutuhan pelumas timbul dari :

- kebutuhan periodik mengganti pelumas untuk menghilangkan kontaminasi
- kehilangan karena terbakar, penguapan dan kebocoran.

c. Biaya bahan bakar

Biaya bahan bakar merupakan yang terpenting di dalam biaya operasi kendaraan. Menurut Capelle :

$$FC - FC_{\min} = \sigma \quad (36)$$

Dimana : FC adalah *Fuel Consumption*

FC_{\min} adalah *Minimum Fuel Consumption*

$$\sigma \text{ adalah } \left\{ \frac{1}{s} \int_0^s [a(t) - \bar{a}(t)]^2 dt \right\}^{1/2} \quad (37)$$

Dimana :

σ adalah penyimpangan kecepatan kendaraan dari kecepatan uniform (Acceleration noise).

$a(t)$ adalah akselerasi kendaraan pada saat t

$\bar{a}(t)$ adalah akselerasi rata-rata kendaraan selama perjalanan.

S adalah travel time.

Tetapi menurut pendekatan energy-momentum dari Drew, aliran lalu-lintas mirip dengan aliran fluids. Pada aliran fluids energi kinetik, E , didefinisikan sebagai αKU^2 , dimana :

α adalah konstanta

K adalah *density*

U adalah kecepatan

Energi internal, I, adalah kehilangan energi yang dinyatakan didalam acceleration noise, σ , pada aliran lalu lintas. Kemudian, konservasi energi aliran lalu lintas pada suatu ruas jalan adalah total energi, T, yang sama dengan energi kinetik, E, plus internal energy, I.

$$T = E + I = \alpha KU^2 + I \quad (38)$$

Oleh karena, $\sigma_{\max} = T$, maka :

$$I = \sigma = \sigma_{\max} - \alpha KU^2 \quad (39)$$

Dengan menggunakan model aliran lalu lintas Green shield,

$$\alpha = 27 (\sigma_{\max}) / 4Kj Uf^2$$

Model konsumsi bahan bakar Capelle menjadi :

$$FC = FC_{\max} - (27/4)(-U/Ut)\sigma_{\max} - (1 - U/Ut) \quad (40)$$

Dimana : Kj adalah jam *density*

Ut adalah *free flow speed*

Dengan analisa regresi, memberikan F-ratio = 114,8, model capelle dapat dituliskan sebagai :

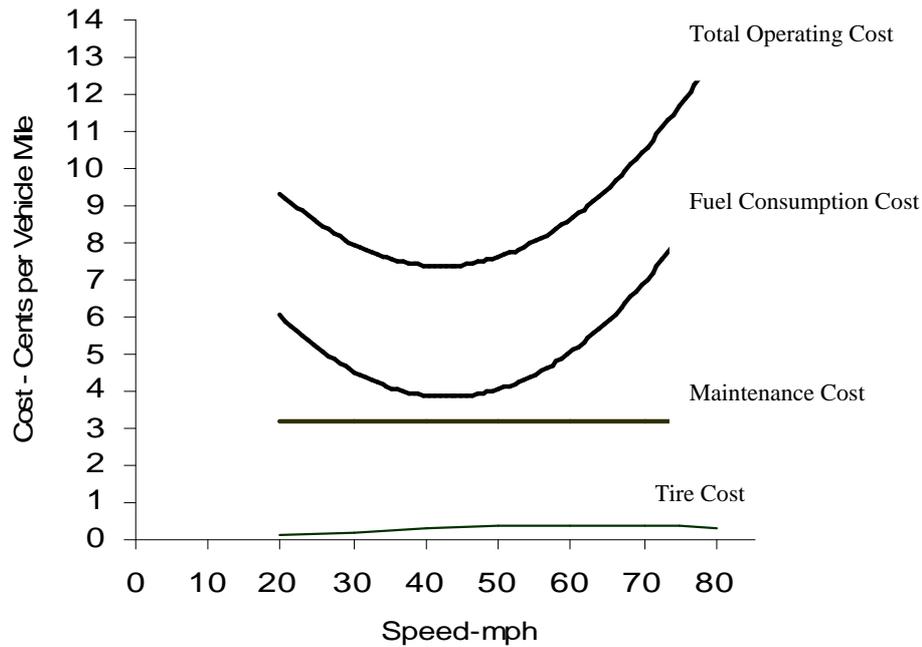
$$FC(\text{liter/mile}) = 0,345 - 0,0019U^2 + 0,000029U^3 \quad (41)$$

Apabila harga rata-rata BBM diketahui (62,7 cents/gallon), maka biaya bahan bakar dapat ditentukan.

d. Biaya perawatan

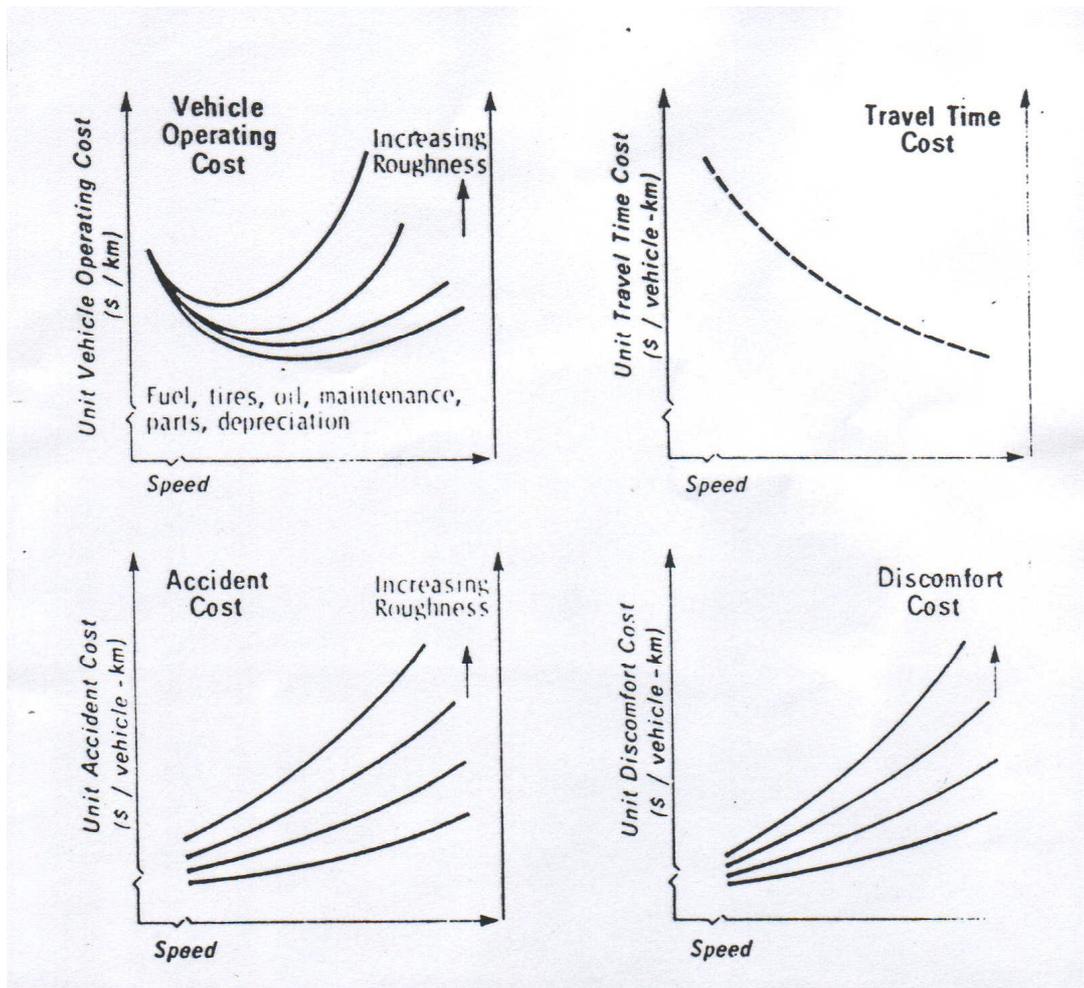
Biaya perawatan pada kendaraan terhadap kecepatan adalah *constant* (tetap) .

Hubungan biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan kendaraan dinyatakan pada gambar 6 (*Shio-Miao Chin*) .



Gambar 6. Hubungan biaya operasi kendaraan terhadap kecepatan (Shio-Mioshin)

Menurut *Roads and transportation Association of Canada Pavement Management commite*, (1977), ilustrasi kecenderungan biaya pemakai jalan terhadap komponen kekasaran jalan dan fungsi dari kecepatan dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hubungan biaya pemakai jalan terhadap komponen kekasaran jalan dan fungsi dari kecepatan.[*Dari Roads and transportation Association of Canada Pavement Management commite, (1977)*].