

Rekayasa Lalu Lintas dan Keselamatan Jalan



Dwi Prasetyanto

Cetakan 1, 2019

Hak Cipta dilindungi undang-undang
©2019, Penerbit Itenas

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

Hak Cipta pada Penerbit Itenas, 2019

Rekayasa Lalu Lintas dan Keselamatan Jalan / Oleh Dwi Prasetyanto.- Cet. 1.-

Bandung: Penerbit Itenas, 2019.

122 hlm.; 25,7 cm.

1. Tajuk Subjek.

I. Dwi Prasetyanto

II. Judul

388.312

ISBN: 978-602-53531-4-7

Penerbit Itenas,

Jl. PKH. Mustopha No.23 Bandung

Telp.: +62 22 7272215, Fax: +62 22 7202892

Email: penerbit@itenas.ac.id

KATA PENGANTAR

Ilmu Rekayasa, manajemen lalu lintas dan keselamatan jalan merupakan bagian dari Ilmu Rekayasa Transportasi yang berkembang pesat sejak tahun 1970. Rekayasa Transportasi adalah ilmu yang berdasarkan prinsip-prinsip ilmiah dan teknologi, merencanakan fungsi, operasional dan manajemen dari semua moda transportasi agar tercipta kenyamanan, keamanan, keselamatan dan ekonomis untuk pergerakan orang dan barang. Rekayasa manajemen lalu lintas jalan dan keselamatan jalan membicarakan perencanaan operasional lalu lintas di jaringan jalan khususnya pengaturan di ruas dan persimpangan jalan agar terciptanya lalu lintas jaringan jalan yang berkeselamatan.

Buku ini berbeda dengan buku-buku rekayasa dan manajemen lalu lintas yang lain dikarenakan penyusunan buku ini diarahkan ke pengetahuan praktis dan operasional serta berkeselamatan sehingga dapat dengan mudah diaplikasikan. Buku Rekayasa Lalu Lintas dan Keselamatan Jalan dipersiapkan sebagai salah satu referensi bagi mahasiswa dan praktisi sebagai dasar tentang perancangan lalu lintas secara menyeluruh.

Dengan membaca buku ini diharapkan mampu:

1. Menjelaskan unsur-unsur lalu lintas
2. Menjelaskan studi rekayasa lalu lintas
3. Menjelaskan hubungan antara parameter lalu lintas
4. Menganalisis kinerja ruas jalan
5. Menjelaskan pengaturan arus lalu lintas di persimpangan
6. Menganalisis kinerja persimpangan berlampu lalu lintas.
7. Menerapkan manajemen lalu lintas
8. Menjelaskan prinsip-prinsip keselamatan lalu lintas

Penulis menyadari bahwa buku Rekayasa Lalu Lintas dan Keselamatan jalan masih jauh dari sempurna, oleh karena itu diharapkan adanya tanggapan dan sumbang saran demi penyempurnaan buku ini. Terimakasih disampaikan ke Kementerian Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi atas bantuan dana hibah penelitian khususnya berkaitan dengan hasil penelitian keselamatan jalan yang merupakan bagian dari buku ini.

Bandung, Februari 2019

Dwi Prasetyanto

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Bab 1. Unsur Arus Lalu Lintas	1
1.1 Karakteristik Manusia	1
1.2 Karakteristik Kendaraan	6
1.3 Jalan dan Lingkungan.....	7
Bab 2. Studi Rekayasa Lalu Lintas	15
2.1. Parameter Lalu Lintas	15
2.1.1. Volume atau Arus Lalu Lintas	15
2.1.2. Kecepatan	22
2.1.3. Kerapatan (K) atau Kepadatan (D).....	25
2.1.4. Waktu Antara (h) dan Jarak Antara (s)	26
2.2. Survei Lalu Lintas	26
2.2.1. Survei Volume/Arus Lalu Lintas	27
2.2.2. Survei Kecepatan Kendaraan	29
Bab 3. Hubungan Antara Parameter Lalu Lintas	33
3.1. Hubungan/Diagram Waktu dan Ruang.....	33
3.2. Hubungan Antara Arus, Kecepatan dan Kerapatan	36
Bab 4. Kinerja Ruas Jalan.....	45
4.1. Parameter Pengukur Kinerja Jalan.....	45
4.2. Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Jalan.....	46
4.3. Kapasitas Jalan	49
4.4. Tingkat Pelayanan Jalan	50
4.5. Kapasitas Segmen Jalan Perkotaan Berdasar MKJI 1997	50
Bab 5. Persimpangan	63
5.1. Jenis-Jenis Persimpangan	63
5.2. Persimpangan Sebidang.....	64
5.3. Pengaturan Persimpangan Sebidang.....	67
5.3.1. Pengaturan Persimpangan Tanpa Lampu LL	67
5.3.2. Pengaturan Persimpangan Dengan Lampu LL	69
Bab 6. Kinerja Persimpangan APILL	75
6.1. Beberapa Istilah dalam Perencanaan APILL	75
6.2. Pengaturan Waktu APILL	78
6.3. Perhitungan Waktu Sinyal APILL	79

Bab 7. Manajemen Lalu Lintas	103
7.1. Umum	103
7.2. Perlengkapan Dasar Manajemen Lalu Lintas	104
7.2.1. Rambu	104
7.2.2. Marka Jalan/Tanda Permukaan Jalan	105
7.3. Manajemen Kapasitas Jalan.....	106
7.4. Manajemen Prioritas	107
7.5. Manajemen Permintaan	107
Bab 8. Keselamatan Lalulintas	111
8.1. Keselamatan Lalulintas dan Angkutan Jalan	111
8.2. Prinsip Keselamatan Lalulintas	113
8.3. Studi Biaya Kecelakaan lalulintas di Indonesia.....	113
8.3.1. Biaya Kecelakaan Metode Human Capital.....	115
8.3.2. Biaya Kecelakaan Metode Willingness to Pay.....	115
8.4. Prioritas Indikator Kinerja Keselamatan Lalulintas.....	116
8.4.1. Indikator Kinerja Keselamatan Lalulintas.....	116
8.4.2. Hirarki Indikator Kinerja Keselamatan	118
8.4.3. Hirarki Indikator Kinerja Keselamatan di Kota Bandung	120

1 UNSUR ARUS LALULINTAS

Setelah mempelajari bab ini, anda dapat menjelaskan unsur-unsur lalulintas yang berupa unsur manusia, kendaraan dan jalan.

Kondisi lalulintas suatu jalan adalah hasil dari perilaku arus lalulintas. Perilaku arus lalulintas merupakan hasil interaksi dari ketiga unsur yaitu tingkah laku manusia, keadaan ataupun kondisi kendaran, dan kondisi jalan pada suatu lingkungan tertentu. Interaksi ke tiga unsur tersebut diperlihatkan dalam Gambar 1.1. Perilaku masing-masing unsur lalulintas tersebut diperlukan dalam menganalisis masalah lalulintas yang terjadi. Pengetahuan akan ketiga unsur pembentuk arus lalulintas ini akan menentukan hasil rekayasa dari jalan itu sendiri seperti lebar jalan, kelandaian yang diperkenankan, lebar jalan ditikungan, ketebalan perkerasan yang dibutuhkan, lamanya aspek sinyal serta bagaimana mengoptimalkan pemakaian prasarana jalan ditinjau dari manajemen arus lalulintas.



Sumber: WHO, 2013

Gambar 1.1 Interaksi antara Unsur Lalulintas

1.1. Karakteristik Manusia

Manusia merupakan faktor yang paling tidak stabil pengaruhnya terhadap kondisi lalulintas serta tidak dapat diramalkan secara tepat. Tinjauan terhadap faktor manusia ini perlu dilakukan guna menghasilkan perencanaan operasi lalulintas yang lebih tepat. Pemanfaatan jalan sangat tergantung kepada kemampuan dan keterbatasan manusia sebagai pemakai jalan, baik sebagai pengendara kendaraan, ataupun sebagai pejalan kaki (*pedestrian*). Pengertian akan manusia sebagai unsur lalulintas sangat menentukan hasil rekayasa selanjutnya. Keterbatasan fisik dan mental, motivasi pemakai jalan sangat menentukan tingkat keselamatannya dan efisiensi dari sistem jalan tersebut.

Manusia sebagai pengemudi kendaraan

Perilaku seorang pengemudi dipengaruhi oleh faktor luar berupa keadaan sekelilingnya, keadaan cuaca, daerah pandangan (visibility) serta penerangan jalan di malam hari. Selain itu juga dipengaruhi oleh emosinya sendiri seperti sifat tidak sabar dan marah-marah. Seorang pengemudi yang sudah hafal dengan jalan yang dilaluinya akan berbeda sifatnya dengan seorang pengemudi pada jalan yang belum dikenalnya. Dalam hal yang terakhir ini, pengemudi cenderung untuk mengikuti kelakuan pengemudi-pengemudi lainnya.

Selain faktor-faktor tersebut di atas, faktor lain yang mempengaruhi perilaku manusia adalah sifat perjalanan (bekerja, rekreasi atau hanya berjalan-jalan) serta faktor kecakapan, kemampuan dan pengalaman mengemudi. Untuk menguji apakah seseorang dianggap cukup cakap untuk mengemudi kendaraan atau tidak, perlu dilakukan serangkaian test yang hasilnya berupa Surat Izin Mengemudi (SIM).

Salah satu yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan prasarana transportasi jalan raya adalah bervariasinya kemampuan dan persepsi pengemudi kendaraan di jalan raya.

Gerakan kendaraan ditentukan oleh pengemudi, tidak ada satupun sifat gerakan dan lintasan kendaraan yang tepat sama, walaupun dikemudikan oleh pengemudi yang seumur dengan jenis kendaraan yang sama. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkah laku pengemudi kendaraan dapat dikelompokkan atas faktor kondisi fisik, kondisi mental, emosi dan kondisi lingkungan, dan faktor faktor ini akan berakibat pada waktu reaksi pengemudi.

Kondisi fisik pengemudi dapat dibedakan atas kondisi fisik yang bersifat tetap, dan yang bervariasi terhadap waktu.

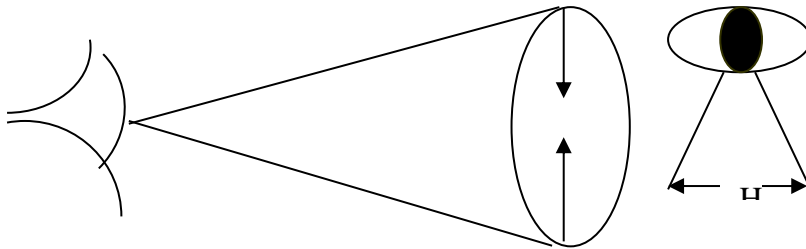
Kondisi fisik yang bersifat tetap adalah kondisi mata, kondisi pendengaran, tenaga dan kesehatan tubuh secara menyeluruh, seperti mempunyai penyakit menahun dls.

Mata merupakan bagian terpenting dalam hal ketajaman penglihatan dan keleluasaan pandangan, yang dapat mempengaruhi reaksi pengemudi terhadap objek yang ada didepannya. Semua informasi yang dibutuhkan diterima lewat mata yang kemudian ditanggapi berupa reaksi pada otot. Daerah keleluasaan penglihatan mata dipengaruhi oleh tinggi mata pengemudi di ukur dari permukaan jalan dan oleh desain bagian depan kendaraan. Sinar lampu yang datang ke mata dapat menyebabkan mata menjadi silau. Tingkat kesilauan mempengaruhi kemampuan pengemudi memperkirakan jarak terhadap objek yang ada di depannya. Desain kendaraan dapat saja merupakan faktor yang cukup mempengaruhi pengemudi. Kendaraan angkutan barang didesain untuk mengangkut barang-barang sehingga dimensi kendaraan cukup tinggi, oleh karenanya pengemudi sukar untuk naik ketempat pengemudi, tetapi mempunyai daerah pandangan yang cukup luas. Terdapat pula mobil penumpang yang tempat duduk pengemudi sedemikian rendahnya sehingga cukup mengganggu pandangan pengemudi. Kondisi ini tentu saja mempengaruhi sifat pengemudi dalam mengemudikan kendaraannya.

Indera penglihatan adalah faktor terpenting dari faktor-faktor fisik manusia dalam menjalankan kendaraan, hal ini disebabkan hampir semua informasi ($\pm 90\%$) yang diperlukan untuk mengemudi diterima lewat indera penglihatan sehingga banyak yang beranggapan

indera penglihatan terlalu dibebani pada waktu mengemudi. Secara normal daerah penglihatan tajam pada arah horizontal (H) dianggap sebesar 6 derajat dan pada arah vertikal (V) sebesar 4 derajat sehingga seolah-olah membentuk kerucut. Penglihatan yang tajam/penglihatan awas pada arah horizontal sampai sebesar 20 derajat dan pada arah vertikal 13 derajat. Daerah penglihatan total dimana manusia mampu melihat suatu benda walaupun kabur dan tidak bisa membedakan warna dan detail adalah sebesar 160 derajat arah horizontal dan 115 derajat arah vertikal. Dengan mengetahui daerah pandangan ini, maka sebaiknya diusahakan untuk menempatkan tanda-tanda rambu lalu lintas didalam jangkauan daerah penglihatan yang tajam.

Cacat pada indera mata tidak selamanya membuat orang tidak mampu mengemudikan kendaraan dengan baik. Bagi orang yang buta warna, pengenalan lampu lalu lintas dapat dilakukan dengan mempergunakan ciri-ciri pada lampu lalu lintas misalnya letak lampu merah pada lampu lalu lintas. Orang yang kekurangan dalam penglihatan dekat dapat dibantu dengan kaca mata atau alat optik lainnya sehingga tidak mengganggu waktu mengemudi.



Gambar 1.2 Bidang Pandang Indera Mata Manusia

Alat pendengaran mempengaruhi tingkah laku pengemudi terutama bagi pengemudi kendaraan tidak bermotor seperti sepeda dan becak.

Pengemudi berusia lanjut cenderung mengemudikan kendaraannya dengan kecepatan yang lebih rendah, tetapi mempunyai daya reaksi yang lebih lambat. Sebaliknya pengemudi berusia remaja cenderung mengemudikan kendaraannya dengan kecepatan tinggi, tanpa mengindahkan keselamatan dirinya dan pemakai jalan yang lainnya.

Kondisi fisik bersifat sementara seperti mengantuk, dalam keadaan mabuk, kecanduan alkohol, memberikan tingkah laku mengemudi yang jelek, dan sangat mempengaruhi karakteristik lalu lintas secara keseluruhan. Pengemudi yang dalam keadaan sakit, lelah, dipengaruhi oleh obat-obatan mempunyai daya reaksi yang berbeda dengan pengemudi yang dalam keadaan sehat dan segar.

Kondisi mental dan emosi pengemudi (faktor psikologis) dapat dibedakan atas pendidikan, pengalaman, kedewasaan, motivasi pengemudi.

Pengemudi dengan tingkat pendidikan yang lebih rendah kadangkala mempunyai perilaku mengemudi yang berbeda dengan yang berpendidikan lebih tinggi.

Pengertian tentang rambu lalu lintas, mekanisme kendaraan yang dimiliki dapat membedakan perilaku pengemudi.

Pengemudi pemula dengan kemampuan dan pengalaman kurang, akan mengemudikan kendaraan lebih berhati-hati, tetapi seringkali kurang cepat dan tepat dalam menangkap reaksi yang diberikan.

Kemarahan, tergesa-gesa karena suatu tujuan, atau kebiasaan melalui suatu daerah memberikan tingkah laku yang berbeda dalam perilaku mengemudi.

Maksud perjalanan mempengaruhi tingkah laku, pengemudi yang sedang berekrasi berbeda dengan pengemudi dalam keadaan tergesa-gesa untuk suatu tujuan tertentu.

Kondisi lingkungan dapat dibedakan atas kondisi cuaca, tata guna tanah, dan karakteristik lalulintas.

Cuaca yang cerah atau buruk, waktu perjalanan pagi, siang atau malam hari, kondisi jalan yang berada di daerah yang lurus dan datar, atau di di daerah berbukit-bukit, semuanya mempengaruhi tingkah laku pengemudi.

Perilaku pengemudi yang biasa mengemudikan kendaraannya di daerah perkotaan akan berbeda dengan daerah pedesaan.

Karakteristik lalulintas seperti karakteristik bercampurnya arus lalulintas dari beberapa moda yang sering menimbulkan kemacetan lalulintas menyebabkan pengemudi cepat merasa lelah dan merasa tidak nyaman.

Mengemudikan kendaraan adalah suatu kegiatan yang melalui suatu proses dimana si pengemudi sadar akan apa yang dilihatnya, diproses di otak untuk menentukan langkah selanjutnya. Waktu reaksi yang dibutuhkan pengemudi terdiri dari waktu untuk melaksanakan 4 proses, yaitu:

1. deteksi (adalah sesuatu di sana?)
2. identifikasi (apakah itu?)
3. keputusan (apa yang harus dilakukan?)
4. eksekusi (tindakan seperti menginjak rem, menghindar, membelok)

Waktu reaksi adalah waktu yang dibutuhkan oleh seorang manusia untuk bereaksi pada saat menerima rangsangan baik berupa penglihatan, pendengaran maupun perasaan, sampai ia melakukan tindakan sebagai tanggapan atas adanya rangsangan tersebut. Waktu reaksi pengereman adalah waktu yang dibutuhkan pengemudi mulai saat melihat objek sampai saat menginjak rem. Penyelidikan di Amerika Serikat menunjukkan 90% dari jumlah pengemudi memerlukan waktu 1,5 detik atau kurang sebagai waktu reaksinya dan hampir seluruhnya perlu waktu dibawah 2 detik. Untuk keperluan perencanaan diambil waktu reaksi pengereman sebesar 2,5 detik.

Dengan memperhatikan besarnya waktu reaksi yang diperlukan oleh manusia terhadap suatu rangsangan serta kemampuan manusia untuk melihat suatu objek, pada perencanaan lalulintas perlu diatur penempatan rambu-rambu lalulintas serta objek-objek yang lain. Pada kecepatan tinggi sebaiknya penempatan rambu-rambu lalulintas lebih ke tengah sudut pandangan. Batas jalan untuk jalan kendaraan dan pejalan kaki harus jelas. Keadaan jalan diusahakan untuk tidak menjemukan dengan cara memberi variasi pandangan bagi pengemudi sepanjang jalan. Demikian juga dengan pemasangan iklan dengan cara memberi variasi pandangan bagi pengemudi sepanjang jalan. Demikian juga dengan pemasangan iklan dan lampu harus diawasi sedemikian rupa agar tidak mengganggu perhatian pengemudi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu reaksi adalah faktor fisik pengemudi seperti kelelahan, pengaruh obat dan cuaca.

Sebagai gambaran jarak yang diperlukan selama waktu persepsi – reaksi ditunjukkan dalam contoh sebagai berikut:

Contoh 1.1. Jarak yang diperlukan selama waktu persepsi-reaksi ketika seorang pengemudi mengemudikan kendaraan dengan kecepatan 60 km/jam dengan waktu persepsi dan reaksi yang diperlukan ketika melihat adanya penghalang di jalan raya yaitu 2,5 dt.

Hitung jarak yang diperlukan selama waktu persepsi dan reaksi tersebut!

- Jarak = kecepatan x waktu
$$= v \times t$$
- Ubah satuan : $60 \text{ km/jam} = 60 \times \frac{1000}{3600} \text{ m/dt}$
- Jarak :
$$= 60 \times \frac{1000}{3600} \text{ m/dt} \times 2,5 \text{ dt}$$
$$= 41,67 \text{ m}$$

Manusia sebagai pejalan kaki

Pengetahuan akan sifat pejalan kaki sangat mempengaruhi perencanaan trotoar, tempat dan jenis penyeberangan pejalan kaki, efisiensi penggunaan jaringan jalan untuk arus lalu lintas yang bercampur dengan pejalan kaki, perencanaan lebar median, persimpangan dan bahkan pengaturan lampu lalu lintas pejalan kaki.

Manusia sebagai pejalan kaki dipengaruhi oleh umur dan pengetahuan akan peraturan berlalu lintas. Orang berusia lanjut cenderung kurang awas, dan kurang gesit dalam bertindak, sedangkan anak-anak cenderung kurang berhati-hati dan belum menyadari akan bahaya yang mengancam. Orang yang biasa hidup di kota kecil dengan lalu lintas sepi tentu akan bertingkah laku yang berbeda dengan pejalan kaki yang sudah biasa hidup di kota besar.

Manusia sebagai pejalan kaki bergerak dengan kecepatan kira-kira 1 sampai 1,3 meter per detik atau 3 sampai 5 km per jam. Jarak yang dianggap cukup bagi pejalan kaki sebagai moda transportasi adalah 500 m. Lebih dari jarak ini manusia memerlukan alat angkutan tertentu. Kelakuan pejalan kaki sulit diramalkan karena mencakup semua lapisan umur dan tidak ada pembatasan besar dan kecil. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa orang tua sudah tidak segesit dalam mengelakkan bahaya serta adanya sejumlah pejalan kaki yang tidak mengenal peraturan lalu lintas.

Apakah anda tahu perbedaan antara manusia sebagai pengemudi kendaraan dan manusia sebagai pejalan kaki?

1.2 Karakteristik Kendaraan

Kriteria untuk perencanaan geometrik jalan raya sebagian didasarkan atas karakteristik statik, kinematik dan dinamik dari kendaraan.

Karakteristik statik meliputi berat dan ukuran kendaraan, karakteristik kinematik termasuk pergerakan kendaraan tanpa mempertimbangkan gaya yang bekerja yang berasal dari pergerakan, sedangkan karakteristik dinamik mempertimbangkan gaya yang bekerja.

Kendaraan sebagai sarana transportasi jalan raya dapat dibedakan atas kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor. Termasuk didalam kelompok kendaraan bermotor yaitu kendaraan beroda dua (sepeda motor), kendaraan beroda tiga (bemo, bajai), kendaraan beroda empat atau lebih (mobil penumpang, truk, bis, trailer). Sepeda, becak, dokar termasuk di dalam kelompok kendaraan nonmotor. Kendaraan nonmotor banyak ditemukan di daerah perkotaan, sehingga karakteristik lalu lintas secara keseluruhan dipengaruhi juga oleh kendaraan jenis ini. Karena kendaraan nonmotor bergerak di tepi sebelah luar dan dengan kecepatan relatif rendah, maka keberadaan jenis kendaraan ini umumnya dimasukkan dalam kelompok hambatan samping bagi arus lalu lintas.

Kendaraan beroda empat merupakan bagian terbesar pemakai jalan. Terdapat perbedaan yang cukup besar antara kendaraan penumpang (sedan, minibus, jeep) dengan kendaraan pengangkut beban (truk) dan bus. Tinggi mata pengemudi mobil penumpang umumnya rendah (± 1 meter), ukuran kendaraan lebih kecil dan kecepatan kendaraan yang dipilih oleh pengemudi rata-rata tinggi. Tinggi mata pengemudi truk diukur dari muka jalan rata-rata lebih tinggi ($\pm 1,80$ meter), kecepatan yang dipilih lebih rendah, perbandingan berat kendaraan dan kekuatan mesin lebih besar. Secara garis besar karakteristik kendaraan bermotor yang perlu dipelajari sehubungan dengan rekayasa jalan raya dan rekayasa lalu lintas adalah:

1. tahanan akibat gerakan kendaraan
2. dimensi kendaraan
3. percepatan dan perlambatan
4. sistem pengereman
5. kemampuan membelok
6. sistem pelampuan
7. kondisi ban

Tahanan akibat pergerakan kendaraan

Terdapat beberapa jenis tahanan yang terjadi akibat gerakan kendaraan, yaitu:

1. Tahanan geser antara ban dan muka jalan, yang besarnya merupakan fungsi dari berat kendaraan, koefisien gesek, gaya gravitasi dan kekasaran muka jalan
2. Tahanan selip
Selip terjadi jika batasan geser antara roda dan permukaan jalan dilampaui
3. Tahanan udara pada bagian depan kendaraan, yang merupakan fungsi dari luas bagian depan kendaraan, dan koefisien tahanan udara.
4. Tahanan kelandaian, yang besarnya merupakan fungsi dari kelandaian jalan dan massa kendaraan
5. Tahanan akibat perubahan sistem gigi.

Dimensi dan pelampauan kendaraan

Ukuran panjang, lebar dan tinggi kendaraan akan mempengaruhi gerakan kendaraan, karena adanya batasan jarak pandang pengemudi dan kemampuan membelok kendaraan, serta dimensi kendaraan tentu saja merupakan factor penentu akan lebar jalan yang dibutuhkan.

Tinggi lampu pengemudi akan sangat menentukan jarak pandang pengemudi di malam hari, dan juga menentukan efek kesilauan mata.

1.3 Jalan dan Lingkungan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/ atau air, serta di atas permukaan air, kecuali kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Permen PU, 2012). Lajur adalah bagian dari jalan untuk tempat lintasan satu gerakan kendaraan. Jalan satu lajur merupakan jalan satu arah dimana arus lalu lintas sangat ditentukan dari kecepatan kendaraan yang terdepan. Jalur jalan dengan 2 lajur dapat merupakan jalan 2 arah atau satu arah. Jalur jalan dengan 3 lajur atau lebih tanpa median memberikan keleluasaan bergerak sehingga arus lalu lintas dapat bergerak lancar.

Lebar lajur jalan minimal berdasarkan Direktorat Jenderal Binamarga adalah 2,75m. Lebar fisik maksimum kendaraan saat ini adalah 2,50 m. Semakin lebar lajur jalan semakin leluasa kendaraan bergerak. Lebar standar lajur lalu lintas adalah 3,5–3,75m untuk jalan berkecepatan tinggi.

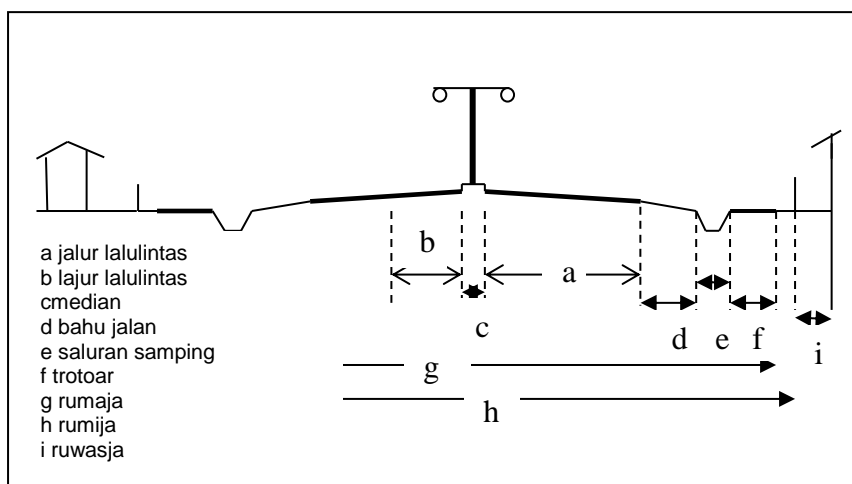
Lebar jalur dan kondisi di sekitar jalan sangat mempengaruhi karakteristik arus lalu lintas. Jalan selebar 7 meter yang terletak di luar kota akan dilalui oleh kendaraan dengan kecepatan lebih tinggi dibandingkan dengan jalan dengan lebar yang sama tetapi berada di dalam kota. Jalan yang sama-sama terletak di dalam kota tetapi mempunyai lebar yang berbeda tentu akan mempunyai karakteristik arus lalu lintas yang berbeda. Disamping itu banyaknya persimpangan, jalan masuk, pengendalian jalan masuk, ada/tidaknya fasilitas parkir di sepanjang jalan, dapat mempengaruhi arus lalu lintas. Desain geometrik jalan akan sangat menentukan keselamatan dan tingkat kenyamanan pemakai jalan. Bagian jalan terdiri dari ruang milik jalan, ruang manfaat jalan, dan ruang pengawasan jalan (Permen PU, 2012).

1. RUMAJA (Ruang Manfaat Jalan) : ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi dan kedalaman tertentu yg ditetapkan oleh penyelenggara jalan yg

bersangkutan berdasarkan pedoman yg ditetapkan oleh Menteri. Yang hanya diperuntukkan bagi median, perkerasan jalan, jalur pemisah, bahu jalan, saluran tepi jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman, timbunan dan galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap lainnya.

2. RUMIJA (Ruang Milik Jalan) : terdiri dari ruang manfaat jalan dan sejalar tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan yg diperuntukkan bagi ruang manfaat jalan dan pelebaran jalan maupun penambahan jalur lalu lintas di kemudian hari serta kebutuhan ruang untuk pengamanan jalan.
3. RUWASJA (Ruang Pengawasan Jalan) : ruang tertentu di luar ruang milik jalan yg penggunaannya ada di bawah pengawasan penyelenggaraan jalan. Ruang ini diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi jalan serta pengamanan fungsi jalan.

Tipikal potongan melintang jalan diperlihatkan pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Tipikal Potongan Melintang Jalan

Jalan sesuai peruntukannya berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 tahun 2004 dibagi menjadi:

- jalan umum, adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum
- jalan khusus, adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri.

Jalan tol, yaitu jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol.

Jalan umum berdasarkan fungsinya dikelompokkan atas:

- jalan arteri, merupakan jalan umum, yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- jalan kolektor, merupakan jalan umum, yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jalan masuk dibatasi.
- Jalan lokal, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- Jalan lingkungan, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 03/PRT/M/2012,

Sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri atas sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hierarki.

Pusat kegiatan dalam sistem jaringan jalan primer sebagaimana dimaksud meliputi PKN, PKW, PKL, PK-Ling, PKSN, Kawasan Strategis Nasional, Kawasan Strategis Provinsi, dan Kawasan Strategis Kabupaten.

Kawasan perkotaan dalam sistem jaringan jalan sekunder sebagaimana dimaksud meliputi Kawasan Primer, Kawasan Sekunder-I, Kawasan Sekunder-II, Kawasan Sekunder-III, perumahan, dan persil.

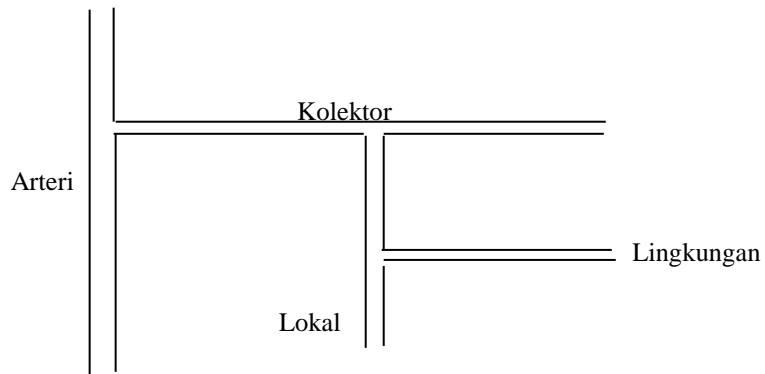
Fungsi jalan dalam sistem jaringan jalan primer meliputi JAP, JKP, JLP, dan J Ling-P. Fungsi jalan dalam sistem jaringan jalan sekunder meliputi JAS, JKS, JLS, dan J Ling-S. Sistem jaringan jalan dapat dibedakan atas sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder.

Pembagian sistem jaringan jalan primer dan sekunder dapat dilihat dalam Gambar 1.4 dan Gambar 1.5

Pembagian jalan berdasarkan fungsinya ditunjukkan dalam Gambar 1.6

Menurut keputusan Menteri PU nomor 480/KPTS/1996, komponen jalan dalam jaringan primer terdiri dari:

1. Jalan Arteri yaitu jalan yang melayani angkutan utama yang merupakan tulang punggung transportasi nasional yang menghubungkan pintu gerbang utama, pelabuhan utama dan atau bandar udara kelas utama.
2. Jalan Kolektor 1 yaitu jalan yang menghubungkan antar ibukota propinsi
3. Jalan Kolektor 2 yaitu jalan yang menghubungkan ibukota propinsi dengan ibukota kabupaten/kota
4. Jalan Kolektor 3 yaitu jalan yang menghubungkan antar ibukota kabupaten/kota



Gambar 1.6 Sistim Jaringan berdasar Fungsi

Selain itu, jalan juga dibagi berdasarkan kelas, pembagian kelas jalan diatur oleh UULAJ No. 22 Tahun 2009. Pengelompokan didasarkan atas:

- a. fungsi dan intensitas Lalu Lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan Jalan dan Kelancaran Lalu Lintas dan Angkutan Jalan; dan
- b. daya dukung untuk menerima muatan sumbu terberat dan dimensi Kendaraan Bermotor.

Pengelompokan Jalan menurut kelas Jalan terdiri atas:

- a. jalan kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 (sepuluh) ton;
- b. jalan kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 (dua belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton;
- c. jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 (dua ribu seratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 (sembilan ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 (tiga ribu lima ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton;
- d. jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000

(delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 (sepuluh) ton.

Berdasarkan kondisi hambatan terhadap arus lalu lintas, jalan dapat dibedakan atas:

- jalan bebas hambatan, jalan dengan arus tak terganggu (*uninterrupted flow*), yaitu jalan dengan kondisi arus lalu lintas sedemikian rupa sehingga kendaraan yang bergerak tidak perlu berhenti atau melambatkan kendaraannya, kecuali disebabkan oleh kehadiran kendaraan lain dalam arus tersebut. Di Indonesia saat ini jalan bebas hambatan umumnya berupa jalan tol. Tetapi jalan luar kota yang cukup panjang dapat pula dianalisis sebagai jalan bebas hambatan, seperti jalan lintas Sumatera.
- jalan tidak bebas hambatan, yaitu jalan dengan arus terganggu (*interrupted flow*), jalan dengan kondisi lalu lintas sedemikian rupa sehingga gerak kendaraan dapat berhenti sesaat karena adanya pengaruh luar antara lain arus memotong jalan yang mempunyai prioritas, perlintasan kereta, penyeberangan pejalan kaki, atau gangguan akibat gerakan kendaraan yang parkir.

Jalan 2 lajur dua arah atau jalan berlajur banyak yang panjang, dimana letak persimpangan dengan lampu lalu lintas cukup jauh dapat dianalisis sebagai jalan dengan arus tak terganggu. US HCM'94 memberikan batasan bahwa jika jarak antara dua persimpangan dengan lampu lalu lintas lebih panjang dari 2 mil, maka ruas jalan tersebut dapat dianalisis sebagai jalan dengan arus tak terganggu, jika lebih pendek dari 2 mil maka ruas jalan tersebut dianalisis sebagai jalan dengan arus terganggu.

Berdasarkan statusnya jalan dapat dibedakan menjadi (Permen PU, 2012):

- a. jalan nasional;
- b. jalan provinsi;
- c. jalan kabupaten;
- d. jalan kota; dan
- e. jalan desa.

Jalan nasional meliputi ruas jalan sebagai JAP, JKP-1, jalan tol, dan Jalan Strategis Nasional. Jalan provinsi meliputi ruas jalan sebagai JKP-2, JKP-3, dan Jalan Strategis Provinsi. Jalan kabupaten meliputi ruas jalan sebagai JKP-4, JLP, J Ling-P, Jalan Strategis Kabupaten, JAS, JKS, JLS, dan J Ling-S. Jalan kota meliputi ruas jalan sebagai JAS, JKS, JLS, dan J Ling-S. Jalan desa meliputi ruas jalan sebagai J Ling-P dan JLP yang tidak termasuk jalan kabupaten di dalam kawasan perdesaan. Ruas jalan di wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta kecuali jalan nasional adalah jalan provinsi.

RANGKUMAN

1. Elemen pembentuk arus lalulintas adalah manusia sebagai pengemudi kendaraan, manusia sebagai pejalan kaki, kendaraan dan jalan.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkah laku manusia sebagai pengemudi dapat dikelompokkan atas:
 - mental dan emosi
 - kondisi fisik
 - tingkat pendidikan
 - usia
 - tujuan dan pengalaman mengemudi
 - kondisi lingkungan
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkah laku manusia sebagai pejalan kaki dapat dikelompokkan atas pengetahuan tentang peraturan berlalulintas, usia serta mental dan emosi
4. Sifat-sifat kendaraan yang mempengaruhi karakteristik arus lalulintas dapat dikelompokkan atas:
 - tahanan akibat pergerakan kendaraan
 - dimensi kendaraan
 - percepatan dan perlambatan
 - sistem pengereman
 - kemampuan membelok
 - sistem pelampuan
 - kondisi ban
5. Kondisi jalan yang mempengaruhi karakteristik arus lalulintas dapat dikelompokkan atas dimensi jalan, bentuk fisik jalan, fungsi jalan dan kondisi lingkungan
6. - Berdasarkan macamnya jalan dapat dibedakan menjadi jalan umum, jalan khusus dan jalan tol.
 - Berdasarkan fungsinya jalan dibedakan menjadi jalan arteri, kolektor dan jalan lokal
 - Berdasarkan kondisi hambatan jalan dibedakan atas jalan bebas hambatan dan jalan tidak bebas hambatan.
 - Berdasarkan kelas, jalan dibedakan atas jalan kelas I, kelas II, kelas III, dan jalan kelas khusus.
 - Berdasarkan pembinaannya, jalan dibedakan menjadi jalan Nasional, Propinsi, Kabupaten/kota, dan desa.

Untuk lebih memahami materi bab ini, silahkan jawab pertanyaan sebagai berikut:

1. Sebutkan unsur pembentuk arus lalulintas!
2. Jelaskan mengapa sifat pengemudi dapat mempengaruhi karakteristik arus lalulintas!
3. Jelaskan mengapa ada batasan umur bagi pengemudi kendaraan bermotor!
4. Jelaskan mengapa pejalan kaki juga ikut mempengaruhi karakteristik arus lalulintas dan tingkat kinerja jalan
5. Jelaskan apa saja dari karakteristik kendaraan yang mempengaruhi desain jalan!
6. Jelaskan dengan contoh keterkaitan desain geometrik jalan dengan karakteristik manusia dan kendaraan!
7. apakah usaha/tindakan perencana dalam menghadapi beragamnya tingkah laku pengemudi dan jenis kendaraan yang ada!

8. Gambarkan dalam bentuk bagan alir proses informasi yang diterima oleh pengemudi kemudian diolah sampai pengambilan suatu keputusan!
9. Sebutkan contoh jalan-jalan dikotamu yang berfungsi sebagai jalan arteri, kolektor dan lokal!
10. Sebutkan contoh jalan-jalan dikotamu yang merupakan jalan dengan arus tak terganggu dan jalan dengan arus terganggu!

Daftar Pustaka

1. Dit.Jend. Binamarga Departemen PU, (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta
2. Dit. Jend. Pendidikan Tinggi Dep. Pendidikan Dan Kebudayaan, (1998), *Rekayasa Lalulintas*, Penataran Dosen PTS Angkatan I, Cisarua Bogor
3. Garber, N.J and Hoel, L.A., (1988), *Traffic and Highway Engineering*, St.Paul:West Publishing Company
4. Mc. Shane W.R. and Roess R.P., (1990), *Traffic Engineering*, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
5. Pemerintah Republik Indonesia, *Undang Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalulintas dan Angkutan Jalan*.
6. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 03/PRT/M/2012, *Pedoman Penetapan Fungsi jalan dan Status Jalan*
7. Pusjatan, 2015, *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2015*, Bandung
8. Transportation Research Board (1994), *Highway Capacity Manual*, Washington D.C
9. World Health Organization (WHO), 2013, *Injurie s of Traffic*

2 STUDI REKAYASA LALU LINTAS

Setelah mempelajari bab ini, anda dapat menjelaskan parameter lalu lintas, cara mendapatkannya serta bagaimana menampilkannya.

Arus lalu-lintas merupakan interaksi antara pengemudi, kendaraan, dan jalan. Tidak ada arus lalu-lintas yang sama bahkan pada keadaan yang serupa. Sehingga arus pada suatu ruas jalan tertentu selalu bervariasi. Walaupun demikian diperlukan parameter yang dapat menunjukkan kondisi ruas jalan, atau yang akan dipakai untuk dasar perencanaan. Parameter tersebut adalah volume, kecepatan dan kerapatan, tingkat pelayanan (*level of service*), derajat kejenuhan (*degree of saturation*) dan derajat iringan.

Dengan meningkatnya kebutuhan manusia untuk beraktivitas maka semakin meningkat pula kebutuhan akan sarana transportasi. Dengan adanya peningkatan sarana transportasi sering tidak diimbangi dengan peningkatan prasarana transportasi sehingga sering menimbulkan permasalahan. Dalam hal transportasi jalan raya permasalahan yang terjadi seperti kecelakaan lalu lintas, kesulitan parkir, kemacetan lalu lintas dan adanya tundaan. Pengetahuan tentang parameter lalu lintas dan informasi ataupun cara pengumpulan data parameter lalu lintas tersebut serta pengidentifikasiannya mutlak perlu diketahui sehingga dapat memberikan analisis dan solusi yang tepat agar permasalahan lalu lintas dapat diatasi.

2.1 Parameter Lalu Lintas

Karakteristik lalu lintas biasanya ditunjukkan oleh parameter besarnya arus lalu lintas, kecepatan dan kepadatan. Parameter ini merupakan parameter utama sedangkan jarak antara dan waktu antara merupakan parameter tambahan yang dapat diukur dari ketiga parameter utama tersebut.

2.1.1 Volume atau Arus Lalu Lintas

Besarnya arus lalu lintas dinyatakan dengan volume ($\text{volume} = V$) dan atau arus ($\text{rate of flow} = q$) yang keduanya menunjukkan jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan

pada ruas jalan per satuan waktu, sehingga dapat dinyatakan dalam persamaan: $V = q = \frac{n}{T}$

dengan:

V = volume lalu lintas

q = arus lalu lintas (*rate of flow*)

n = jumlah kendaraan yang melewati titik pengamatan

T = interval waktu pengamatan

USHCM 1994 menyatakan bahwa terdapat perbedaan antara arus dengan volume lalu lintas yaitu dalam hal lamanya pengamatan. Volume lalu lintas (V) diperoleh berdasarkan lamanya pengamatan ≥ 1 jam, seperti dalam 1 tahun, 1 hari atau 1 jam sehingga satuannya adalah kendaraan/jam atau kendaraan/hari atau kendaraan/tahun. Arus lalu lintas (q) didapatkan

berdasarkan lamanya pengamatan < 1 jam, oleh karena itu satuan dari arus lalu lintas adalah kendaraan/menit, walaupun lamanya pengamatan kurang dari 1 jam tetapi besarnya arus lalu lintas dapat juga dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam.

Sebagai gambaran untuk memperjelas perbedaan tersebut diberikan contoh sbb:

Data lalu lintas berikut ini didapatkan berdasarkan lama pengamatan 1 jam dengan interval waktu pengamatan setiap 15 menit.

Tabel 2.1 Data Arus Lalu Lintas

Periode waktu	Jumlah (kendaraan)	Arus, q (Kendaraan/jam)
06.00 – 06.15	500	2000
06.15 – 06.30	1000	4000
06.30 – 06.45	1100	4400
06.45 – 07.00	1250	5000
Total dari jam 06.00 s.d 07.00 (1 jam)	3850	

Volume lalu lintas (V) dari jam 06.00 s.d jam 07.00 sebesar 3850 kendaraan/jam, dan dalam interval 15 menitan terlihat bahwa nilai arusnya tidak terdistribusi secara merata. Besar arus maksimum (qm) adalah 5000 kendaraan/jam, yang sebetulnya tidak pernah terjadi karena arus maksimum hanya terjadi pada selang yang pendek yaitu dari jam 06.45 s.d 07.00 dan besarnya adalah 1250 kendaraan/15 menit.

Jika untuk perencanaan diambil volume lalu lintas (V) sebagai volume perencanaan maka terdapat periode-periode pendek dimana arus yang ada tidak dapat dilayani dengan baik. Sedangkan jika digunakan arus maksimum (qm) maka ada kemungkinan menghasilkan perencanaan yang tidak ekonomis.

Hubungan antara volume lalu lintas (V) dan arus lalu lintas maksimum (qm) dinyatakan dengan Faktor Jam Sibuk (FJS).

$$FJS = \frac{V}{4 \times q_{\text{maks15menit}}}$$

Dengan

FJS = Faktor Jam Sibuk (*Peak Hour Factor*)

V = Volume jam sibuk perjam, kendaraan/jam

$q_{\text{maks15menit}}$ = arus tersibuk per 15 menit

Untuk contoh di atas
$$FJS = \frac{V}{4 \times q_{\text{maks15menit}}}$$

$$FJS = \frac{3850}{4 \times 1250} = \frac{3850}{5000}$$

$$FJS = 0,77$$

Komposisi Lalu Lintas

Salah satu faktor yang mempengaruhi perilaku lalu lintas adalah kendaraan, terdapat beberapa jenis kendaraan yang masing-masing mempunyai perbedaan baik dalam bentuk, ukuran maupun kemampuan geraknya. Pengelompokan kendaraan biasanya dilakukan berdasarkan berat, dimensi dan karakteristik operasionalnya.

PKJI 2014 mengelompokkan jenis kendaraan menjadi:

- ❖ Kendaraan ringan (LV): kendaraan bermotor dua as beroda 4 dengan jarak as 2,0 s.d 3,0 m (termasuk mobil penumpang, opelet, mikrobis, pick-up dan truk kecil sesuai system klasifikasi Bina Marga)
- ❖ Kendaraan Berat (HV): kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,50 m, biasanya beroda lebih dari 4 (termasuk bis, truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi sesuai system klasifikasi Bina Marga)
- ❖ Sepeda Motor (MC): kendaraan bermotor beroda dua atau tiga (termasuk sepeda motor dan kendaraan beroda 3 sesuai system klasifikasi Bina Marga)
- ❖ Kendaraan Tidak Bermotor (UM): kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan (termasuk sepeda, becak, kereta kuda dan kereta dorong sesuai system klasifikasi Bina Marga).

Untuk jalan luar kota PKJI 2014 membagi kendaraan berat menjadi:

- ❖ Kendaraan Berat Menengah (MHV): kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 m – 5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai system klasifikasi Bina Marga)
- ❖ Truk Besar (LT): truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar (gandar pertama ke kedua) < 3,5 m (sesuai system klasifikasi Bina Marga)
- ❖ Bus Besar (LB): bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 m.

Sehubungan dengan adanya berbagai jenis kendaraan yang masing-masing mempunyai pengaruh yang berbeda dalam kinerja lalu lintas maka diperlukan satu satuan untuk menyamakan perbedaan tersebut.

Faktor yang menunjukkan pengaruh berbagai tipe kendaraan dibandingkan dengan kendaraan ringan terhadap kecepatan, kemampuan gerak dan ruang kendaraan ringan dalam arus lalu lintas disebut dengan **ekivalensi mobil penumpang** atau disingkat **emp** (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan yang sasisnya mirip, emp=1).

Sedangkan satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai tipe kendaraan diubah menjadi arus kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp disebut sebagai **satuan mobil penumpang (smp)**.

Besarnya nilai emp untuk jalan perkotaan dan tidak terbagi diperlihatkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2a Nilai ekivalensi kendaraan ringan untuk Jalan Tak-Terbagi

Tipe Jalan: Jalan tak-terbagi	Arus Lalu Lintas Total 2 arah (kendaraan/jam)	ekr		
		KB	SM	
			Lebar jalur lalu lintas Lj (m)	
			≤6	≥6
Dua lajur tak terbagi (2/2 TT)	< 1800	1,3	0,5	0,40
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25
Empat lajur tak terbagi (4/2 TT) MKJI 1997	< 3700	1,3	0,40	
	≥ 3700	1,2	0,25	

Sumber: PKJI 2014

Tabel 2.2b Nilai ekivalensi kendaraan ringan untuk Jalan Terbagi atau 1 Arah

Tipe jalan:	Arus lalu-lintas per lajur(kend/jam)	ekr	
		KB	SM
2/1, dan 4/2T	< 1050	1,3	0,40
	≥ 1050	1,2	0,25
3/1, dan 6/2D	< 1100	1,3	0,40
	≥ 1100	1,2	0,25

Sumber: PKJI 2014

Contoh perhitungan:

Jika diketahui data jumlah dan komposisi lalu lintas seperti Tabel 2.3 dan data tersebut diperoleh pada ruas jalan 2/2 TT dengan lebar perkerasan 7 m , maka hitunglah total volume per jam dalam satuan mobil penumpang.

Tabel 2.3 Data Jumlah dan Komposisi Arus Lalu Lintas

Periode Waktu	Jumlah (kend.)	volume (Kendaraan)		
		LV	HV	MC
06.00 – 06.15	420	250	50	120
06.15 – 06.30	405	200	60	145
06.30 – 06.45	520	300	70	150
06.45 – 07.00	550	320	75	155
Total jam 06.00-07.00	1895	1070	255	570

Berdasarkan volume total > 1800 kendaraan dan dengan lebar jalan > 6 m, maka diperoleh emp untuk HV = 1,2 dan MC = 0,25.

Volume total 1 jam = $1070 \times 1 + 255 \times 1,2 + 570 \times 0,25 = 1519$ smp/jam

Karakteristik Volume Lalu lintas

Volume atau arus lalu lintas tidak akan pernah bersifat statis, sehingga pada waktu penghitungannya harus dilakukan dengan teliti; meskipun demikian secara garis besar volume

berulang secara berirama, dikenal sebagai karakteristik volume. Hal ini penting diketahui dalam kaitan dengan penentuan waktu yang dipilih untuk penghitungan.

1. Pola lalu lintas (Traffic Pattern)

Pola lalu lintas adalah presentasi fluktuasi lalu lintas berupa tabel atau grafik, pada periode waktu tertentu. Volume dapat dinyatakan dalam jumlah atau prosentase. Pengertian yang penting harus dimengerti untuk operasional dan perencanaan adalah Volume dalam waktu puncak (*peak hours*), jam dalam hari, hari dalam minggu, minggu dalam bulan, bulan dalam tahun, distribusi arah (*directional distribution*), dan distribusi lajur (*lane distribution*)

2. Pola lalu lintas jam-an (Hourly Traffic Pattern)

Volume lalu lintas untuk kenaikan waktu teratur kurang dari satu jam (misal: 1, 5, 6, 15 menit) biasanya digambarkan dengan fluktuasi selama 1 jam, dan dinyatakan dalam waktu puncak (*peak hour*), demikian juga untuk kenaikan tiap 1 jam digambarkan dalam fluktuasi lalu lintas perjam dalam 1 hari.

3. Pola lalu lintas mingguan (Weekly Traffic Pattern)

Volume lalu lintas harian ditunjukkan untuk tiap hari berurutan dalam seminggu. Apabila ditunjukkan dalam 1 tahun, maka disebut pola lalu lintas mingguan dalam setahun (*Weekly Traffic Pattern for One Year*)

4. Pola Lalu lintas Bulanan (Monthly Traffic pattern)

Volume lalu lintas tiap bulan dalam setahun

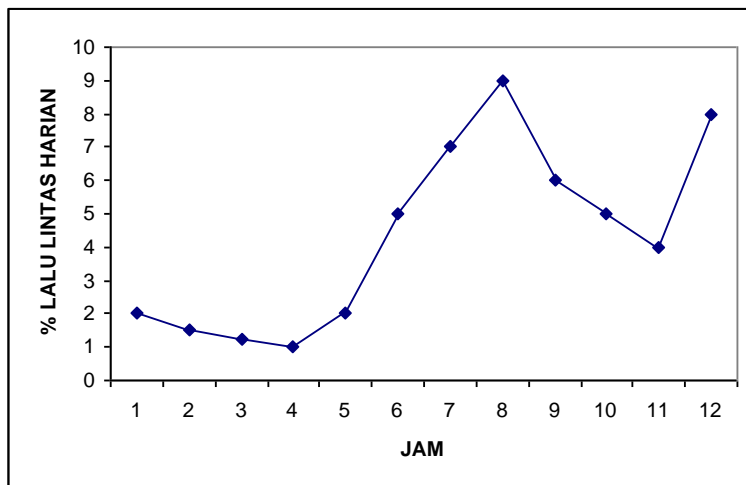
5. Distribusi Arah (Directional Distribution)

Distribusi arah pergerakan menunjukkan variasi dalam arus selama waktu puncak (*peak hours*), besar distribusi arah pada satu titik pengamatan selalu bervariasi. Pada saat jam sibuk dapat terjadi distribusi arah volume lalu lintas sangat tidak berimbang sehingga 80 % kendaraan berjalan ke satu arah.

6. Distribusi Lajur (Lane Distribution)

Distribusi volume lalu lintas dari jalan 2 lajur atau banyak lajur (*multi lane*) yang akan menggunakan lajur rencana.

Tampilan fluktuasi arus lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Fluktuasi Arus Lalu Lintas

Volume lalu-lintas mempunyai nama khusus berdasarkan bagaimana data tersebut diperoleh, yaitu:

a. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Lalu Lintas Harian Rata-Rata atau ADT (*average daily traffic*), adalah volume lalu lintas rata-rata dari pengamatan yang dilakukan selama beberapa hari tetapi kurang dari 1 tahun. Sehingga ADT ataupun LHR dihitung sebagai berikut:

$$LHR = ADT = \frac{Q_x}{X}$$

dengan:

Q_x = volume lalu-lintas yang diamati selama > dari 1 hari dan < dari 1 tahun atau < dari 365 hari

X = jumlah hari pengamatan

Data LHR ini akan cukup baik digunakan untuk perencanaan jika pengamatan dilakukan pada interval waktu yang cukup menggambarkan arus lalu lintas selama 1 tahun. Satuan dari lalu lintas harian rata-rata ini adalah kendaraan/hari/2 arah atau kendaraan/hari/1 arah, jika sudah diekivalenkan dalam satuan mobil penumpang maka satuannya menjadi smp/hari/2 arah atau smp/hari/1 arah.

b. Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

LHRT adalah lalu lintas rata-rata dari pengamatan terus menerus selama 1 tahun. LHRT ini sering disebut AADT (*average annual daily traffic*).

Untuk LHRT pengumpulan datanya harus ≥ 365 hari ($X \geq 365$ hari). Perhitungan AADT sama seperti perhitungan ADT, demikian juga satuan AADT sama dengan satuan ADT.

c. Lalu Lintas Hari Kerja Rata-Rata Tahunan (LHKRT)

LHKRT atau AAWT (*average annual weekday traffic*) yaitu volume rata-rata harian selama hari kerja berdasarkan pengumpulan data ≥ 365 hari. Sehingga AAWT dapat dihitung sebagai jumlah volume pengamatan selama hari kerja dibagi dengan jumlah hari kerja selama pengumpulan data.

d. Volume Perencanaan

Volume perencanaan atau DHV (*design hourly volume*) adalah volume perjam yang digunakan dalam perencanaan, volume yang digunakan bukan lalu lintas harian rata-rata karena LHR tidak menggambarkan fluktuasi perjam yang sangat bervariasi. Oleh karena itu maka akan sangat tepat jika volume yang digunakan untuk perencanaan adalah volume perjam atau sering disebut sebagai Volume Jam Perencanaan (VJP). VJP yang akan digunakan untuk perencanaan haruslah sedemikian rupa sehingga:

1. Volume tersebut tidak boleh terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalu lintas setiap jam untuk periode satu tahun.
2. Apabila terdapat volume lalu lintas per jam yang melebihi volume jam rencana maka kelebihan tersebut tidak boleh mempunyai jumlah yang terlalu besar.
3. Volume tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang sangat besar, sehingga akan mengakibatkan biaya menjadi mahal.

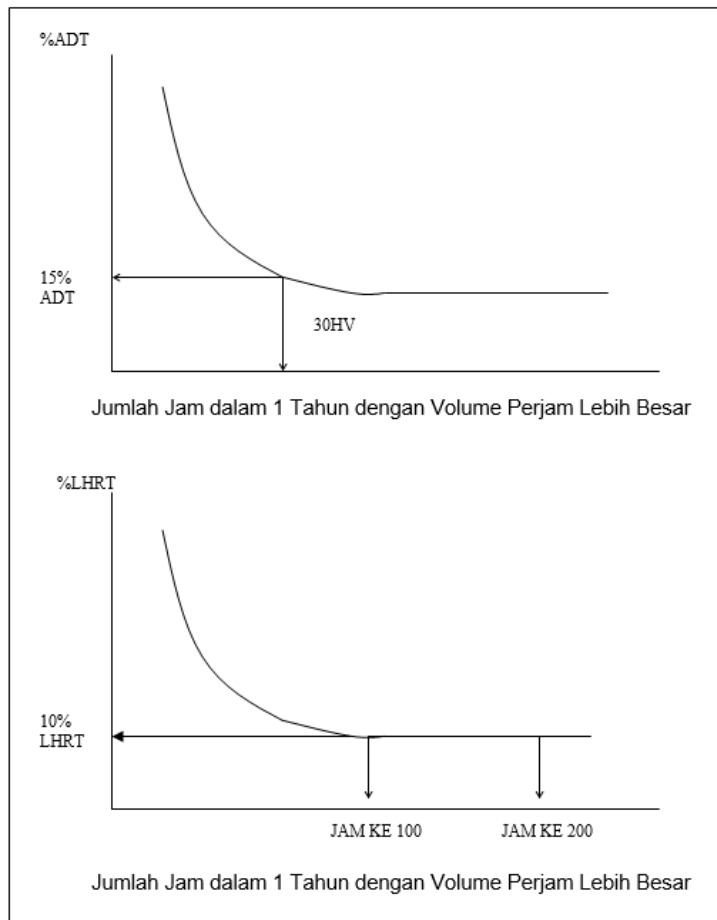
Bentuk umum dari lengkung yang menggambarkan hubungan antara jumlah jam dengan volume perjam yang lebih besar dari yang ditunjukkan (sumbu x) dengan volume per jam yang dinyatakan dalam persentase LHRT (sumbu y) seperti pada Gambar 2.2.

AASHTO mengambil jam ke 30 atau 30 HV (*30th highest annual hourly volume*) yaitu volume lalu-lintas tiap jam yang dipakai sebagai volume desain. Dalam setahun, besarnya volume ini akan dilampaui oleh 29 data. Jam ke 30 terletak di tumit kurva tersebut di atas. Untuk perencanaan pada jalan-jalan di Indonesia sering dilakukan pada jam ke 100 s.d 200, hal ini dikarenakan pada jam tersebut perbedaan volume tidak terlalu besar dibandingkan dengan volume pada jam ke 30.

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan volume jam perencanaan adalah sbb:

$$VJP = k \cdot LHRT$$

MKJI mengambil nilai $k = 11\%$ untuk ruas jalan luar kota dan jalan bebas hambatan sedang untuk jalan dalam kota diambil nilai $k = 9\%$.



Gambar 2.2 Penentuan Volume Jam Perencanaan

Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume lalu lintas berkecenderungan akan bertambah dari waktu ke waktu, hal ini perlu diketahui untuk memperkirakan kebutuhan prasarana transportasi yang harus disediakan. Oleh karena itu terdapat beberapa keadaan lalu lintas yang harus diketahui yaitu:

a. Lalu Lintas saat ini

Pada jalan baru lalu lintas saat ini dapat diprediksi dengan menggunakan 4 tahap pemodelan lalu lintas berupa bangkitan/tarikan lalu lintas, distribusi lalu lintas, pemilihan moda dan pemilihan rute.

Untuk peningkatan jalan, arus lalu lintas yang digunakan adalah arus lalu lintas saat ini sebelum jalan tersebut ditingkatkan ditambah dengan besarnya arus yang tertarik (*diverted traffic*) menggunakan jalan yang telah ditingkatkan.

b. Pertambahan Arus Lalu Lintas

Pertambahan arus lalu lintas dapat berupa:

- o Pertumbuhan normal, yaitu pertumbuhan akibat bertambahnya jumlah pergerakan dari tahun ke tahun, hal ini dapat diakibatkan bertambahnya penduduk.
- o Lalu lintas yang dibangkitkan (*generated traffic*), yaitu pertumbuhan akibat dibangunnya fasilitas baru yang dulunya tidak ada. Pertumbuhan ini umumnya terjadi pada masa yang relatif pendek.
- o Pertambahan lalu lintas akibat perkembangan daerah (*development traffic*), yaitu pertumbuhan akibat bertambah baiknya kegiatan disekitar jalan tersebut tanpa diikuti oleh dibangunnya fasilitas jalan baru atau perbaikan yang sudah ada. Pertumbuhan ini juga terjadi pada waktu yang relatif pendek.

2.1.2 Kecepatan

Kecepatan kendaraan merupakan besaran jarak tiap satuan waktu tempuh. Kecepatan adalah laju perjalanan yang biasanya dinyatakan dalam satuan kilometer per jam. Karakteristik kecepatan biasanya dikelompokkan dalam karakteristik kecepatan mikroskopis dan karakteristik kecepatan makroskopis. Karakteristik kecepatan mikroskopis adalah karakteristik kecepatan kendaraan individual yang melalui titik atau segmen yang pendek selama periode waktu tertentu. Kecepatan dan waktu perjalanan pada segmen jalan yang lebih panjang serta dianalisis berdasar kelompok kendaraan dipertimbangkan sebagai kecepatan makroskopis. Pada umumnya kecepatan kendaraan dapat dibedakan menjadi:

- ### a. kecepatan setempat (*spot speed*), yaitu kecepatan sesaat. Dapat dilakukan dengan alat ukur dengan sistem radar misalnya menggunakan radar gun, atau jika diukur dengan cara manual dapat dihitung seperti berikut:

$$U_i = \frac{L}{t}$$

dengan:

- U_i = *spot speed* dengan satuan sesuai dengan satuan dari L dan t
- L = jarak tempuh kendaraan, yang pendek (<100m)
- t = waktu tempuh kendaraan untuk melintas sejauh L

- ### b. kecepatan setempat rata-rata atau kecepatan rata-rata waktu (*average spot speed* atau *time mean speed*= $TMS=Ut$) yaitu rata-rata dari data kecepatan setempat pada tempat yang sama. Survei dilakukan pada banyak kendaraan ditempat yang sama, maka nilai

rata-ratanya menjadi kecepatan setempat rata-rata. Secara matematis kecepatan setempat rata-rata ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$TMS = U_t = \frac{\sum U_i}{n}$$

dengan:

$U_i = \text{spot speed}$

$n = \text{banyaknya data}$

- c. **kecepatan rata-rata ruang** (*space mean speed = SMS=Us*) yaitu kecepatan rata-rata ruang, yang biasanya diukur dengan cara fotografi/foto udara. Jika selang waktu pengamatan adalah t , dan waktu tempuh tiap kendaraan yang diamati adalah L_i , maka kecepatan ruang rata-rata dihitung sebagai berikut:

$$SMS = U_s = \frac{n * L}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

dengan:

$L = \text{jarak tempuh, yang pendek (<100m)}$

$n = \text{jumlah pengamatan}$

$t_i = \text{waktu tempuh dari kendaraan ke-}i$

Atau SMS dapat dicari dengan persamaan:

$$SMS = U_s = \frac{n}{\sum \frac{1}{U_i}}$$

Dengan $U_i = \text{spot speed}$

Sebagai contoh, data suatu pengamatan seperti dalam Tabel 2.4

Tabel 2.4 Data Pengamatan Kecepatan

No. Kendaraan	Jarak (m)	Waktu tempuh (det.)	Kecepatan (m/det)
1	50	5,0	10
2	50	6,5	7,69
3	50	4,0	12,50
4	50	4,5	11,11
5	50	4,8	10,42
Total	2500	24,8	51,72
Rata-rata	$2500/5 = 50$	4,96	10,34
Time mean speed (TMS) = $U_t = 51,72/5 = 10,34$ m/det Space mean speed (SMS) = $U_s = 50/4,96 = 10,08$ m/det			

- d. **Kecepatan tempuh** (*travel speed atau journey speed*) yaitu kecepatan yang diukur dengan L jarak tempuh, dimana waktu tempuh termasuk waktu kendaraan berhenti dan akibat terjadinya kelambatan. Kecepatan tempuh dihitung dengan rumus:

$$U = \frac{L}{t}$$

- e. **kecepatan tempuh rata-rata** (*average travel speed* atau *average journey speed*) adalah nilai rata-rata dari kecepatan tempuh. Perhitungannya dilakukan seperti rumus untuk kecepatan setempat rata-rata
- f. **kecepatan gerak** (*running speed*) adalah seperti kecepatan tempuh, akan tetapi perhitungan waktu tempuhnya hanya selama kendaraan bergerak. Perhitungannya dilakukan seperti perhitungan kecepatan tempuh.
- g. **kecepatan gerak rata-rata** (*average running speed*) adalah nilai rata-rata dari banyak data kecepatan gerak.
- h. **kecepatan rencana** adalah kecepatan yang dipakai dalam desain ruas jalan, atau geometrik jalan.

Beberapa jenis kecepatan yang penting dan sering digunakan untuk menggambarkan karakteristik kecepatan adalah sbb:

- o kecepatan rata-rata: rata-rata hitung dari semua kecepatan kendaraan (jumlah kecepatan) dibagi dengan jumlah data

$$\text{Urata-rata} = \frac{\sum f_i \cdot U_i}{\sum f_i}$$

f_i = frekuensi untuk tiap interval kecepatan

U_i = nilai tengah untuk kelompok kendaraan ke i

- o *modal speed* yaitu nilai kecepatan yang mempunyai frekuensi terbesar atau paling sering dijumpai dari sejumlah data kecepatan.

$$\text{Modal speed} = b + p \frac{b_1}{b_1 + b_2}$$

Dengan: b = batas bawah kelas mode dengan frekuensi (f) terbanyak

P = panjang kelas *modal*

$b_1 = f_{\text{modal}} - (f \text{ kelas} < \text{ dari kelas } \textit{modal})$

$b_2 = f_{\text{modal}} - (f \text{ kelas} > \text{ dari kelas } \textit{modal})$

- o *median speed* yaitu nilai kecepatan yang berada di tengah-tengah dari suatu seri data kecepatan yang disusun dari paling kecil ke yang terbesar. Sehingga nilai *median speed* ini akan dilampaui sebanyak 50% dari data sample dan 50% lebih kecil dari nilai median

Median speed dapat diperoleh dari persamaan:

$$\text{Median (Me)} = b + p \frac{n/2 - F}{f}$$

b = batas bawah kelas median

p = panjang kelas median

n = jumlah data

f = jumlah f dengan tanda kelas lebih kecil dari tanda kelas median

F = frekuensi kelas median

2.2.1. Survei Volume / Arus lalu Lintas

Karakteristik arus lalu lintas ditunjukkan oleh parameter lalu lintas berupa arus, kecepatan dan kepadatan yang dapat memberikan gambaran tentang kinerja dan efisiensi penggunaan jalan

Survei volume atau arus lalu lintas dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

- Perhitungan secara manual
- Perhitungan secara otomatis

• Perhitungan secara manual

Perhitungan secara manual dilakukan dengan mempegunakan tenaga manusia yang mencatat jumlah kendaraan yang lewat pada satu titik pengamatan selama satu satuan waktu.

Keuntungan dari cara ini adalah:

- Dapat mengelompokkan perhitungan berdasarkan jenis kendaraan
- Lokasi mudah dipindah-pindah
- Tidak diperlukan tenaga ahli untuk mencatat
- Murah untuk jangka waktu yang tidak terlalu lama

Kerugiannya adalah:

- Mahal jika survei dilakukan untuk waktu yang lama
- Sukar pelaksanaannya jika dilakukan pada malam hari dan atau pada cuaca jelek
- Ketelitian data sangat tergantung dari pengamat

Data yang dapat diperoleh dari perhitungan secara manual di ruas jalan sebagai berikut:

- Lalu lintas harian rata-rata
- Klasifikasi atau komposisi arus lalu lintas
- Volume jam sibuk
- Faktor jam puncak

Data yang diperoleh dari perhitungan secara manual di persimpangan jalan sbb:

- Volume per jam
- Arah pergerakan
- Klasifikasi atau komposisi kendaraan

Tahapan pekerjaan dapat dibedakan atas survei pendahuluan dan pekerjaan survei skala penuh.

Survei pendahuluan dilakukan untuk:

- Menentukan jumlah pengamat/surveyor yang ditentukan oleh banyaknya pengelompokkan kendaraan
- Menentukan titik lokasi pengamatan yang tepat yang tidak mengganggu pengamat.
- Berlatih tentang cara pengisian formulir

Pengisian formulir untuk survei arus di ruas jalan untuk setiap jenis kendaraan dilakukan dalam interval 15 menit. Disamping mengisi jumlah kendaraan juga pengamat harus mencatat kondisi cuaca serta hal-hal insidental yang mempengaruhi ketelitian data seperti adanya pawai kendaraan, kecelakaan lalu lintas dls.

Perhitungan secara manual ini selain dilakukan dengan cara mencacah kendaraan (handy tally) oleh pengamat juga dapat dilakukan dengan bantuan alat pencacah (counter).

Perhitungan arus ini dapat dilakukan selain dengan **pengamat tetap** berada pada titik pengamatan atau **pengamat bergerak** sepanjang ruas yang diamati dengan menggunakan kendaraan, survei arus semacam ini disebut survei ***Moving Car Observer***. Dari pengamatan dengan metode *moving car observer* akan diperoleh besarnya volume rata-rata dan kecepatan rata-rata **disepanjang ruas pengamatan**.

- **Perhitungan Secara Otomatis**

Perhitungan secara otomatis adalah perhitungan volume lalu lintas dengan menggunakan alat yang dapat bekerja secara otomatis. Alat tersebut terdiri dari detector dan alat pencatat. Detektor adalah alat yang dapat mendeteksi adanya kendaraan yang melewati suatu titik pengamatan dan memberi isyarat dalam bentuk tertentu. Detektor dapat bekerja atas dasar sentuhan, induksi ataupun sinar. Pada prinsip sentuhan, detector yang diletakkan di atas permukaan jalan, jika digilas oleh ban kendaraan akan menggerakkan detector. Bahan yang umum digunakan adalah pipa karet (*pneumatic tube*) yang diletakkan melintang di jalan. Pada prinsip induksi gulungan kabel horizontal (*inductive loop*) ditanamkan dalam konstruksi jalan yang dihubungkan ketepi jalan. Pada prinsip pemutusan sinar, kendaraan yang lewat akan menyebabkan sinar terputus sebentar dan dihitung sebagai 1 kendaraan yang lewat.

Keuntungan penggunaan alat ini adalah:

1. Mudah dilaksanakan pada segala cuaca
2. Teliti jika peralatan diperiksa secara berkala
3. Murah untuk pengamatan yang cukup lama

Kerugian penggunaan alat ini adalah:

1. Peralatan akan mahal untuk jangka waktu yang pendek
2. Dibutuhkan tenaga ahli untuk pemasangan dan pemeriksaan secara berkala

Kecepatan perjalanan rata-rata dari kelompok kendaraan atau total kendaraan.

$$U = \text{panjang jalan yang diamati} / t$$

3. Pencatatan Nomor Kendaraan (*Plat Matching*)

Pengamat pertama mencatat nomor kendaraan dan jam berapa ketika sebuah kendaraan melewati awal ruas pengamatan. Pengamat kedua berada pada akhir ruas pengamatan juga mencatat nomor kendaraan yang lewat beserta jam lewat. Dengan mencocokkan nomor plat, maka akan diperoleh kendaraan dengan nomor yang sama dan waktu tempuh sepanjang ruas. Kecepatan diperoleh berdasarkan pembagian jarak tempuh dan waktu tempuh.

RANGKUMAN

1. Parameter utama lalu lintas adalah arus (q) atau volume lalu lintas (V), kecepatan (U) dan kerapatan (k)
2. Arus atau volume adalah jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan pada ruas jalan per satuan waktu
3. Volume lalu lintas (V) diperoleh berdasarkan lamanya pengamatan ≥ 1 jam. Arus lalu lintas (q) didapatkan berdasarkan lamanya pengamatan < 1 jam.
4. Faktor yang menunjukkan pengaruh berbagai tipe kendaraan dibandingkan dengan kendaraan ringan terhadap kecepatan, kemampuan gerak dan ruang kendaraan ringan dalam arus lalu lintas disebut dengan **ekivalensi mobil penumpang** atau disingkat **emp**.
5. Satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai tipe kendaraan diubah menjadi arus kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp disebut sebagai **satuan mobil penumpang (smp)**.
6. Hal penting yang perlu diketahui dalam kaitan dengan waktu yang dipilih untuk penghitungan adalah: pola lalu lintas, pola lalu lintas jam-an, pola lalu lintas mingguan, pola lalu lintas bulanan, distribusi arah, distribusi lajur.
7. Volume lalu lintas mempunyai nama khusus berdasarkan cara mendapatkan yaitu: lalu lintas harian rata-rata, lalu lintas harian rata-rata tahunan, lalu lintas hari kerja rata-rata tahunan dan Volume Perencanaan
8. Lalu Lintas yang digunakan untuk perencanaan yaitu lalu lintas saat ini dan pertumbuhan lalu lintas yang terdiri dari pertumbuhan lalu lintas normal, lalu lintas yang dibangkitkan (*generated traffic*) dan pertumbuhan lalu lintas akibat perkembangan daerah (*development traffic*)
9. Kecepatan kendaraan merupakan besaran jarak tiap satuan waktu tempuh.
10. Macam-macam kecepatan yaitu kecepatan setempat (*spot speed*), kecepatan rata-rata waktu (*time mean speed*), kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*), kecepatan tempuh kecepatan gerak, kecepatan rencana, *modal speed*, *median speed*, *percentil speed*
11. Kerapatan (k) atau Kepadatan (D) adalah parameter ke tiga dari arus lalu-lintas, dan didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati panjang ruas jalan tertentu atau lajur tertentu
12. Survei volume atau arus lalu lintas dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu perhitungan secara manual dan perhitungan secara otomatis
13. Perhitungan volume lalu lintas secara manual dapat dilakukan dengan pengamat tetap dan pengamat bergerak

14. *Spot speed* dapat diukur secara manual ataupun dengan menggunakan alat radar meter, enoscope ataupun dengan foto udara.
15. Kecepatan perjalanan dapat diukur dengan menggunakan metode *floating car* maupun *moving car*.

Untuk lebih memahami materi bab ini, silahkan jawab pertanyaan sebagai berikut :

1. Sebutkan parameter lalu lintas!
2. Apakah perbedaan arus dan volume lalu lintas! Jelaskan
3. Bagaimana cara menentukan volume lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan?
4. Apa yang dimaksud dengan ekivalensi mobil penumpang?
5. Apakah perbedaan antara generated traffic dengan development traffic?
6. Apakah yang dimaksud dengan kecepatan rata-rata waktu, rata-rata ruang, *running speed* dan *journey speed*?
7. Apakah yang dimaksud dengan kerapatan lalu lintas?
8. Bagaimana cara mendapatkan arus lalu lintas dengan cara manual?
9. Jelaskan bagaimana cara mendapatkan *spot speed* dengan cara manual?
10. Apa yang dimaksud dengan *moving car method*?

Daftar Pustaka

1. Dit. Jend. Binamarga Departemen PU, (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta
2. Dit. Jend. Pendidikan Tinggi Dep. Pendidikan Dan Kebudayaan, (1998), *Rekayasa Lalu Lintas*, Penataran Dosen PTS Angkatan I, Cisarua Bogor
3. Garber, N.J and Hoel, L.A., (1988), *Traffic and Highway Engineering*, St.Paul: West Publishing Company
4. Mc. Shane W.R. and Roess R.P., (1990), *Traffic Engineering*, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
5. Transportation Research Board (1994), *Highway Capacity Manual*, Washington D.C

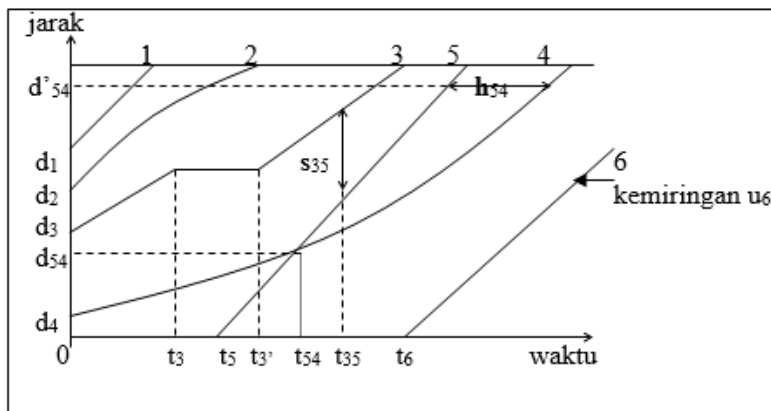
3 HUBUNGAN ANTARA PARAMETER LALU LINTAS

Setelah mempelajari bab ini, anda dapat menggambarkan hubungan jarak dan waktu serta menganalisis hubungan antara arus – kerapatan – kecepatan rata-rata ruang.

Data yang diperoleh berdasarkan survei lalu lintas yang berupa arus lalu lintas maupun kecepatan dapat digunakan untuk menghitung hubungan antara parameter lalu lintas dan selanjutnya dapat juga dipakai untuk mengetahui pengaruh karakteristik arus lalu lintas jika terjadi perubahan parameter tersebut. Perhitungan hubungan ini merupakan teori matematik yang sangat menarik dikaitkan dengan arus lalu lintas yang berupa hubungan antara arus, kecepatan rata-rata ruang dan kerapatan. Hubungan ke tiga parameter tersebut dapat membantu *Traffic Engineer* dalam perancangan, perencanaan maupun evaluasi tindakan penanganannya rekayasa lalu lintas dalam sitem jaringan jalan.

3.1 Hubungan/Diagram Waktu dan Ruang

Penggambaran diagram waktu dan ruang digunakan untuk membantu dalam mendefinisikan parameter lalu lintas. Diagram waktu dan ruang adalah merupakan gambar yang melukiskan hubungan antara lokasi kendaraan dalam arus lalu lintas dan waktu ketika arus kendaraan tsb berjalan sepanjang ruas jalan tertentu. Gambar 3.1 menunjukkan diagram waktu dan ruang untuk 6 kendaraan, dengan jarak diplot pada sumbu vertikal (y) dan waktu diplot pada sumbu horizontal (x).



Gambar 3.1 Diagram Ruang dan Waktu

Dari kurva tersebut terlihat bahwa pada saat $t = 0$ kendaraan 1, 2, 3 dan 4 sudah berada pada jarak d_1, d_2, d_3 dan d_4 dari titik 0 (titik referensi), sedangkan kendaraan 5 dan 6 melintasi titik 0 pada waktu t_5 dan t_6 .

Kendaraan 1, 5 dan 6 mempunyai kecepatan konstan. Kendaraan 3 sebelum t_3 dan sesudah t_3' juga mempunyai kecepatan konstan, namun antara t_3 dan t_3' kendaraan 3 tersebut berhenti, hal ini terlihat dengan penambahan waktu dari t_3 ke t_3' sedangkan jaraknya tidak bertambah. Kendaraan 5 **mendahului** kendaraan 4 pada waktu t_{54} dan dengan jarak d_{54} . Pada waktu t_{35} **jarak antara** kendaraan 3 dan kendaraan 5 adalah s_{35} . Pada jarak d'_{54} kendaraan 5 dan kendaraan 4 mempunyai **waktu antara** h_{54} . Kemiringan garis merupakan kecepatan kendaraan, seperti contoh kemiringan kendaraan 6, menggambarkan kecepatan kendaraan 6 sebesar u_6 .

Contoh Soal

Suatu ruas jalan dari titik A ke titik B sepanjang 100 m dilalui oleh kendaraan secara berurutan sbb:

Kendaraan 1 melalui titik A jam 10.15.10 dengan kecepatan konstan 40 km/jam
 Kendaraan 2 melalui titik A jam 10.15.15 dengan kecepatan konstan 25 km/jam
 Kendaraan 3 melalui titik A jam 10.15.20 dengan kecepatan konstan 18 km/jam
 Kendaraan 4 melalui titik A jam 10.15.25 dengan kecepatan konstan 18 km/jam
 Kendaraan 5 melalui titik A jam 10.15.30 dengan kecepatan konstan 40 km/jam

Pertanyaan:

- Berapa kecepatan rata-rata ruang kelima kendaraan tersebut?
- Berapa kecepatan rata-rata waktu kelima kendaraan tersebut?
- Gambarkan diagram waktu dan ruang/trayektori diagram!
- Berapa jarak antara rata-rata di ruas A-B pada jam 10.15.35?
- Apakah ada kendaraan yang mendahului kendaraan lain? Jika ada dimana dan pada jam berapa?

Jawab:

Kendaraan	Lewat titik A pada jam	Kecepatan (km/jam)	Waktu tempuh dengan jarak 100m (dt)	Lewat titik B pada jam
1	10.15.10	40	9	10.15.19
2	10.15.15	25	14,4	10.15.29,4
3	10.15.20	18	20	10.15.40
4	10.15.25	18	20	10.15.45
5	10.15.30	40	9	10.15.39

$$a. \quad U_s = \frac{5}{\left[\frac{1}{40} + \frac{1}{25} + \frac{1}{18} + \frac{1}{18} + \frac{1}{40} \right]} = 24,86 \text{ km/jam} = 6,91 \text{ m/dt}$$

$$b. \quad U_t = \frac{40 + 25 + 18 + 18 + 40}{5} = 28,20 \text{ km/jam} = 7,83 \text{ m/dt}$$

Kendaraan 4 dengan kecepatan 18 km/jam $= 18/3,6 = 5 \text{ m/dt}$

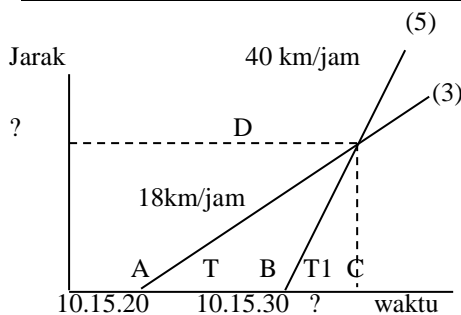
Segitiga ADC $\longrightarrow DC = 5 \times (T + T1) = 5 \times (5 + T1)$

Segitiga BDC $\longrightarrow DC = 11,11 \times (T1)$

$$\begin{aligned} 25 + 5 T1 &= 11,11 T1 \\ 6,11 T1 &= 25 \longrightarrow T1 = 4,09 \text{ dt} \\ DC = 11,11 \times T1 &= 11,11 \times 4,09 = 45,44 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi kendaraan 5 mendahului kendaraan 4 pada jam $10.15.30 + 4,09 = \underline{10.15.34,09}$ & dengan jarak 45,44 m dari Titik A

❖ Kendaraan 5 mendahului kendaraan 3



Digunakan cara yang sama:

Segitiga ADC $\longrightarrow DC = 5 \times (T + T1) = 5 \times (10 + T1)$

Segitiga BDC $\longrightarrow DC = 11,11 \times (T1)$

$$\begin{aligned} 50 + 5 T1 &= 11,11 T1 \\ 6,11 T1 &= 50 \longrightarrow T1 = 8,18 \text{ dt} \\ DC = 11,11 \times T1 &= 11,11 \times 8,18 = 90,88 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi kendaraan 5 mendahului kendaraan 3 pada jam $10.15.30 + 8,18 = \underline{10.15.38,18}$ & dengan jarak 90,88 m dari Titik A

3.2. Hubungan antara Arus Kecepatan dan Kerapatan

Dalam hubungan dengan analisis lalu lintas maka keterkaitan antara parameter perlu diketahui, karena dengan diketahuinya salah satu parameter melalui survei maka parameter yang lain dapat dihitung.

Terdapat beberapa model yang populer yang sering digunakan untuk memperkirakan hubungan antar parameter lalu-lintas yaitu model Greenshields, Greenberg, dan Underwood.

Pada metode-metode tersebut diasumsikan bahwa hubungan arus, kecepatan dan kerapatan sbb:

$$q = U_s \times D$$

dengan

- q = arus lalu lintas
- U_s = kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*)
- D = kerapatan

Yang membedakan antara ke tiga model tersebut adalah bahwa pada model Greenshields hubungan antara kecepatan rata-rata ruang dan kerapatan diasumsikan linier, sedangkan pada kedua model lainnya tidak linier.

Model Greenshields

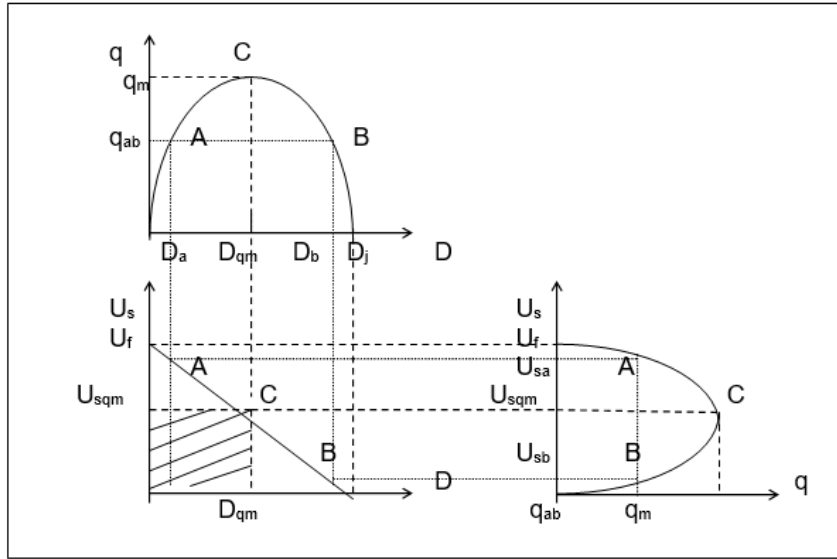
Secara umum hubungan antara ketiga parameter lalu-lintas, yaitu arus, kecepatan rata-rata ruang dan kerapatan berdasarkan model linier Greenshields diperlihatkan dalam Gambar 4.2

Pada Gambar 4.2 hubungan antara **arus (q)** dengan **kerapatan (D)** berbentuk parabola dan terlihat bahwa pada titik C arus menunjukkan nilai maksimum (q_m), kondisi q_m ini disebut sebagai kapasitas dari ruas jalan, setelah arus maksimum terlampaui maka arus terus menurun hingga nilai nol dan pada saat itu kerapatan menunjukkan nilai maksimum yaitu kerapatan pada kondisi **macet total D_j** (*jammed density*). Pada saat arus maksimum kerapatannya adalah D_{qm} yang besarnya adalah $\frac{1}{2} D_j$. Daerah di sebelah kiri q_m disebut daerah tidak macet sedangkan di sebelah kanan q_m disebut daerah macet.

Karena hubungan arus dengan kerapatan berbentuk parabola, maka pada arus tertentu (q_{ab}) terdapat 2 macam kerapatan (titik D_a dan D_b). Kerapatan untuk titik A (D_a) lebih baik kondisi arus lalu-lintasnya karena kerapatan pada saat tersebut adalah kerapatan pada kondisi tidak macet sedangkan D_b adalah kerapatan pada kondisi macet.

Kecepatan tertinggi dari hubungan antara kecepatan rata-rata ruang U_s dan arus q , disebut sebagai kecepatan arus bebas U_f (*free flow speed*). Sebetulnya nilai U_f ini tidak terletak atau memotong sumbu y (U_s) tetapi asimtotis terhadap sumbu y , dikarenakan kecepatan akan ada jika minimal terdapat 1 kendaraan atau kerapatan mendekati nol. Luas daerah yang diarsir merupakan perkalian dari $\frac{1}{2} D_j$ dengan $\frac{1}{2} U_f$ dan nilai ini merupakan nilai q_m . Ketika arus meningkat, maka kecepatannya akan menurun. Tingkat kenyamanan secara berangsur-angsur juga menurun. Jika kecepatan lebih rendah dari U_{sqm} , maka arus lalu-lintas disebut sebagai *forced flow*.

Pada saat kecepatan menjadi rendah, maka arus kendaraan akan menjadi sangat rendah, dan kerapatannya menjadi sangat tinggi sehingga mencapai D_j (*jammed density*). Pada gambar hubungan antara arus dan kecepatan rata-rata ruang, daerah di atas U_{sqm} merupakan daerah tidak macet sedangkan daerah yang terletak di bawah U_{sqm} merupakan daerah macet. Pada arus q_{ab} akan terdiri dari 2 kecepatan rata-rata ruang yaitu U_{sa} yang terletak pada daerah tidak macet dan U_{sb} yang terletak pada daerah macet.



Gambar 3.2 Hubungan antara Arus-Kecepatan Rata-Rata Ruang dan Kerapatan

Persamaan Hubungan $U_s - D$

Greenshield memodelkan hubungan yang linier antara kerapatan dan kecepatan rata-rata ruang, maka rumus umumnya adalah sbb:

$$U_s = a + b.D$$

Pada saat $D = 0$ maka $U_s = a + b.0$ atau $U_s = a$,

dari **kurva hubungan U_s dengan D** ketika $D = 0$, nilai $U_s = U_f$, sehingga $U_f = a$.

Dan persamaan berubah menjadi $U_s = U_f + b.D$

Pada saat $U_s = 0$ maka $0 = U_f + b.D \longrightarrow b = - U_f/D$

dari **kurva hubungan U_s dengan D** ketika $U_s = 0$ maka $D = D_j$ sehingga $b = - U_f/D_j$

Dengan memasukkan **nilai b** ke dalam persamaan umum maka diperoleh persamaan hubungan U_s dengan D

$$U_s = U_f + b.D$$

$$U_s = U_f - \frac{U_f}{D_j}.D$$

$$U_s = U_f \left(1 - \frac{D}{D_j} \right)$$

dengan

U_s = kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*)

U_f = kecepatan arus bebas (*free flow speed*)

D = kerapatan

D_j = kerapatan pada kondisi macet total (*jam*)

Persamaan Hubungan q - D

Dengan menggunakan persamaan hubungan arus, kecepatan rata-rata ruang dan kerapatan ($q = U_s \times D$), dan dengan $U_s = U_f \left(1 - \frac{D}{D_j}\right)$ maka

$$q = U_f \left(1 - \frac{D}{D_j}\right) D \text{ atau}$$

$$q = U_f \left(D - \frac{D^2}{D_j}\right)$$

Dari persamaan di atas, arus merupakan fungsi kuadrat dari kerapatan. Sehingga akan terdapat nilai arus maksimum pada nilai:

$$\begin{aligned} \frac{dq}{dD} &= 0 \\ U_f - 2 * U_f \frac{D}{D_j} &= 0 \end{aligned}$$

maka, arus akan maksimum ketika kerapatannya:

$$D_{qm} = \frac{1}{2} D_j$$

dan pada saat D_{qm} , maka kecepatannya, adalah:

$$U_{sqm} = \frac{1}{2} U_f$$

Sehingga **arus maksimumnya** atau **Kapasitas (C)**:

$$C = \frac{1}{4} U_f * D_j$$

Persamaan Hubungan q – Us

$$U_s = U_f \left(1 - \frac{D}{D_j}\right) \longrightarrow \frac{U_s}{U_f} = \left(1 - \frac{D}{D_j}\right)$$

$$\frac{U_s}{U_f} = \left(\frac{D_j}{D_j} - \frac{D}{D_j}\right) \longrightarrow \frac{U_s}{U_f} = \left(\frac{D_j - D}{D_j}\right)$$

$$\frac{U_s}{U_f} D_j = D_j - D \longrightarrow D = -\frac{U_s}{U_f} D_j + D_j$$

$$q = U_s \times D \longrightarrow q = U_s \times \left(-\frac{U_s}{U_f} D_j + D_j\right)$$

$$q = Dj \left(U_s - \frac{U_s^2}{U_f} \right)$$

Dengan cara yang sama untuk mendapatkan q_m maka turunan pertama = 0 sehingga didapatkan $U_{sqm} = \frac{1}{2} U_f$ dan Kapasitas $C = \frac{1}{4} U_f \cdot Dj$

Untuk pasangan data U_s (Y) dan D (X) lebih dari dua pasang maka koefisien a dan b dapat dicari menggunakan rumus regresi sederhana sebagai berikut:

$$Y = a + b \cdot X$$

Dengan Y variabel tidak bebas (misalnya kecepatan rata-rata ruang), X adalah variabel bebas yang berhubungan dengan kerapatan, b adalah koefisien dari variabel bebas dan a adalah konstanta atau intersep yang menggambarkan bahwa harga Y tidak dapat di jelaskan oleh variabel bebasnya.

Parameter a dan b dapat diperkirakan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil sebagai berikut:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i \cdot Y_i) - \sum_{i=1}^n (X_i) \cdot \sum_{i=1}^n (Y_i)}{n \sum_{i=1}^n (X_i^2) - \left[\sum_{i=1}^n (X_i) \right]^2}$$

$$a = \bar{Y} - b \bar{X}$$

Contoh Soal

Pada pengamatan di ruas jalan diperoleh data sbb:

- Pada kecepatan rata-rata ruang 65 km/jam diperoleh arus 650 kend./jam
- Pada kecepatan rata-rata ruang 40 km/jam diperoleh arus 2400 kend./jam

Pertanyaan:

- a. Buatlah persamaan hubungan antara kecepatan rata-rata ruang – kerapatan-arus!
- b. Gambarkan persamaan yang diperoleh tsb!
- c. Berapakah kapasitas jalan tersebut? Ketika kapasitas tercapai berapa kerapatan dan kecepatan rata-rata ruang kendaraan?
- d. Berapakah kerapatan ketika arus mendekati nol?
- e. Jelaskan kondisi pada saat arus 2200 kendaraan/jam!

Jawab

a)

q (kend./jam)	Us (km/jam)	D = q/Us (kend./km)
650	65	10
2400	40	60

$$U_s = a + b \cdot D$$

$$65 = a + b \cdot 10 \dots\dots\dots (1)$$

$$40 = a + b \cdot 60 \dots\dots\dots (2)$$

$$\begin{array}{l}
 (1) \times 6 \longrightarrow 390 = 6a + b \cdot 60 \\
 (2) \longrightarrow 40 = a + b \cdot 60 \\
 \hline
 350 = 5a \\
 a = 70 \\
 \longrightarrow 40 = 70 + b \cdot 60 \\
 b = -0,50
 \end{array}$$

$$\boxed{U_s = 7} \longrightarrow D = 2(70 - U_s)$$

Persamaan hubungan q dengan D

$$q = U_s \times D$$

$$q = (70 - 0,50 \cdot D) \times D$$

$$q = \boxed{70D - 0,50 D^2}$$

Persamaan hubungan q dengan U_s

$$q = U_s \times D$$

$$q = U_s \times 2(70 - U_s)$$

$$q = \boxed{140 U_s - 2U_s^2}$$

$$U_s = 70 - 0,50 \cdot D$$

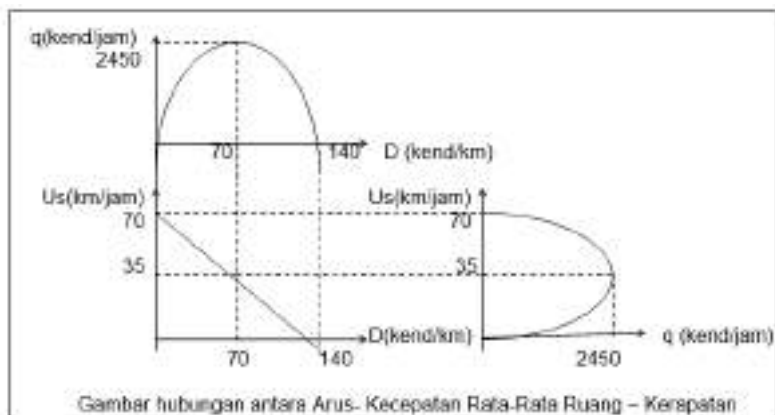
$$\begin{array}{l}
 U_s = 0 \longrightarrow 0 = 70 - 0,50 D \\
 D = D_j = 140 \text{ kend/km}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 D = 0 \longrightarrow U_s = 70 - 0,50 \times 0 \\
 U_s = U_f = 70 \text{ km/jam}
 \end{array}$$

$$q_{\text{maks}} = \frac{1}{4} U_f \cdot D_j$$

$$= \frac{1}{4} \times 70 \times 140$$

$$= 2450 \text{ kend/jam}$$



c. Kapasitas Jalan = $C = 2450$ kend/jam, kerapatan = $D_{qm} = 70$ kend/km
kecepatan rata-rata ruang = $U_{sqm} = 35$ km/jam

d. Kerapatan ketika $q = 0$

$$D_1 = 0 \text{ dan } D_2 = D_j = 140 \text{ kend/km}$$

e. $q = 2200$ kend/jam

$$q = 70D - 0,50 D^2 \quad \longrightarrow \quad \begin{aligned} 2200 &= 70 D - 0,50 D^2 \\ D_1 &= 92 \text{ kend/km} \\ D_2 &= 48 \text{ kend/km} \end{aligned}$$

$$U_s = 70 - 0,50.D$$

$$U_{s1} = 70 - 0,50.92 = 24 \text{ km/jam}$$

$$U_{s2} = 70 - 0,50.48 = 46 \text{ km/jam}$$

Pada saat arus 2200 kend/jam didapat:

- ❖ Kerapatan pada kondisi macet sebesar $D_1 = 92$ kend/km dan kecepatan pada kondisi macet $U_{s1} = 24$ km/jam.
- ❖ Kerapatan pada kondisi tidak macet sebesar $D_2 = 48$ kend/km dan kecepatan pada kondisi tidak macet $U_{s2} = 46$ km/jam.

RANGKUMAN

1. Diagram waktu dan ruang adalah merupakan gambar yang melukiskan hubungan antara lokasi kendaraan dalam arus lalu lintas dan waktu ketika arus kendaraan tersebut berjalan sepanjang ruas jalan tertentu.
2. Terdapat beberapa model yang populer yang sering digunakan untuk memperkirakan hubungan antar parameter lalu-lintas yaitu model Greenshields, Greenberg, dan Underwood.
3. Pada metode-metode tersebut diasumsikan bahwa hubungan arus, kecepatan dan kerapatan sbb:

$$q = U_s * D$$

dengan

$$q = \text{ arus lalu lintas}$$

$$U_s = \text{ kecepatan rata-rata ruang (space mean speed)}$$

$$D = \text{ kerapatan}$$

4. Model Greenshields mengasumsikan hubungan antara kecepatan rata-rata ruang dan kerapatan merupakan garis linier.
5. Persamaan hubungan antara U_s dan D berdasar model Greenshields yaitu:

$$U_s = U_f \left(1 - \frac{D}{D_j} \right)$$

6. Hubungan q dengan D berdasar model Greenshields dinyatakan dengan persamaan sbb:

$$q = U_f \left(D - \frac{D^2}{D_j} \right)$$

7. Persamaan hubungan q dengan U_s menurut model Greenshields sbb:

$$q = D_j \left(U_s - \frac{U_s^2}{U_f} \right)$$

Untuk lebih memahami materi bab ini, silahkan jawab pertanyaan sebagai berikut:

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan trayektori diagram!
2. Jelaskan tujuan dari penggambaran trayektori diagram tersebut!
3. Apa yang membedakan model Greenshields dibandingkan dengan model lain?
4. Apa yang dimaksud dengan kecepatan arus bebas asimtotis terhadap sumbu Y? Jelaskan!
5. Apa yang dimaksud dengan kerapatan pada kondisi macet total (D_j)? dan apa yang dimaksud dengan kapasitas jalan?
6. Mengapa pada suatu nilai arus tertentu mempunyai 2 kerapatan dan 2 kecepatan rata-rata ruang? Apakah memang selalu demikian? Jelaskan!

Daftar Pustaka

1. Dit. Jend. Binamarga Departemen PU, (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta
2. Garber, N.J and Hoel, L.A., (1988), *Traffic and Highway Engineering*, St. Paul: West Publishing Company
3. Mc. Shane W.R. and Roess R.P., (1990), *Traffic Engineering*, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
4. Pusjatan, 2015, *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2015*, Bandung

4 KINERJA RUAS JALAN

Setelah mempelajari bab ini, anda dapat menganalisis kinerja ruas jalan yang berupa kapasitas, derajat kejenuhan, kecepatan rata-rata dan waktu tempuh.

Kemampuan ataupun kinerja jalan dalam melayani arus lalu lintas harus merupakan suatu besaran yang dapat diukur sehingga dapat digunakan untuk tindakan penanganan baik berupa pengaturan arus lalu lintas maupun perancangan jalan. Studi tentang kinerja jalan telah banyak dilakukan, diawali di Amerika Serikat pada akhir tahun 1930 dan pada tahun 1950 telah diterbitkan buku Highway Capacity Manual (HCM 50) oleh Bureau of Public Roads. Penelitian terus dilakukan di Amerika Serikat sehingga pada tahun 1994 telah terbit HCM 94 yang diterbitkan oleh Transportation Research Board.

Sejak tahun 1991 Direktorat Jenderal Bina Marga telah melakukan penelitian di banyak lokasi dalam maupun luar kota dalam rangka penyusunan Manual Kapasitas Jalan. Pada tahun 1993 dan 1994 telah diterbitkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia No. 9/BNKT/1993 (MKJI 1993) dan di bulan Pebruari 1997 telah diterbitkan MKJI 1997 sebagai hasil penyempurnaan dari MKJI sebelumnya. Dalam MKJI 1997 berisikan perhitungan kinerja ruas jalan perkotaan, luar kota dan jalan bebas hambatan dengan akses dibatasi yang di Indonesia identik dengan jalan Tol. Tingkat kinerja berdasarkan MKJI 1997 adalah ukuran kuantitatif yang menjelaskan kondisi operasional dan dinyatakan dalam kapasitas, derajat kejenuhan, kecepatan rata-rata, waktu tempuh, tundaan, panjang antrian dan rasio kendaraan berhenti.

Pada tahun 2014 MKJI 1997 dimutakhirkan dengan dikeluarkannya Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014. Pemutakhiran ini, pada umumnya terfokus pada nilai-nilai ekuivalen mobil penumpang (emp) atau ekuivalen kendaraan ringan (ekr), kapasitas dasar (C_0), dan cara penulisan. Nilai ekr mengecil sebagai akibat dari meningkatnya proporsi sepeda motor dalam arus lalu lintas yang juga mempengaruhi nilai C_0 .

4.1 Parameter Pengukur Kinerja Jalan

Parameter pengukur kinerja jalan sebagai berikut:

- **Kapasitas (C)**
Kapasitas ruas didefinisikan sebagai arus lalu lintas maksimum dalam satuan ekr/jam yang dapat dipertahankan sepanjang segmen jalan tertentu dalam kondisi tertentu, yaitu yang melingkupi geometrik, lingkungan, dan lalu lintas
- **Derajat Kejenuhan (D_j)**
Didefinisikan sebagai rasio antara arus lalu lintas (Q) terhadap kapasitas (C), digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan perilaku lalu-lintas pada suatu ruas jalan.
- **Kecepatan Arus Bebas (V_B)**
Kecepatan suatu kendaraan yang tidak terpengaruh oleh kehadiran kendaraan lain, yaitu kecepatan dimana pengemudi merasa nyaman untuk bergerak pada kondisi geometrik,

lingkungan dan pengendalian lalu lintas yang ada pada suatu segmen jalan tanpa lalu lintas lain (km/jam)

o **Kecepatan tempuh (V)**

Kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*) kendaraan sepanjang segmen jalan.

o **Waktu Tempuh (TT)**

Waktu total yang diperlukan oleh suatu kendaraan untuk melalui suatu segmen jalan tertentu, termasuk seluruh waktu tundaan dan waktu berhenti (jam, menit, atau detik).

4.2 Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Jalan

- o Tipe jalan
- o Komponen pada badan jalan
- o Tipe alinyemen
- o Tipe medan
- o Tata guna lahan
- o Hambatan samping
- o Pengemudi dan populasi kendaraan
- o Besar arus, komposisi lalu lintas dan pemisahan arah
- o Pengendalian lalu lintas

Tipe Jalan dan Jenis Prasarana

Karakteristik lalu-lintas di daerah perkotaan berbeda dengan karakteristik lalu-lintas antar kota, sehingga perlu ditetapkan perbedaannya.

PKJI 2014 mendefinisikan ruas jalan perkotaan sbb:

Segmen jalan yang mempunyai perkembangan permanen dan menerus di sepanjang atau hampir seluruh segmen jalan, minimal pada satu sisinya, berupa pengembangan koridor, berada dalam atau dekat pusat perkotaan yang berpenduduk lebih dari 100.000 jiwa, atau dalam daerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100.000 jiwa tetapi mempunyai perkembangan di sisi jalannya yang permanen dan menerus.

Ruas jalan antar kota mempunyai karakteristik:

Segmen jalan tanpa perkembangan yang menerus pada kedua sisinya, meskipun ada perkembangan permanen tetapi sangat sedikit, seperti rumah makan, pabrik, atau perkampungan (kios kecil dan kedai di sisi jalan tidak dianggap sebagai perkembangan yang permanen).

Sehubungan dengan fasilitas pemisah arah gerak lalu lintas jalan dapat dibedakan atas jalan dengan pemisah tengah/median/T (*divided/D*) dan tanpa pemisah tengah/median/TT (*undivided/UD*). Kebebasan bergerak kendaraan sangat dipengaruhi oleh jumlah jalur (*carriage-way*), jumlah lajur (*lane*) dan jumlah arah serta lebarnya. Suatu jalan dikatakan memiliki 1 jalur bila tidak bermedian (tak terbagi/TT / *undivided / UD*) dan dikatakan memiliki 2 jalur bila bermedian tunggal (terbagi/T / *divided / D*).

PKJI 2014 membagi jenis jalan perkotaan menjadi:

- a. Jalan tidak terbagi (*undivided*)
 - Jalan sedang dua-lajur dua-arah (2/2 TT)
 - Jalan 3 lajur 2 arah (3/2 UD) (MKJI 1997)
 - Jalan empat-lajur dua-arah tak terbagi (4/2 UD) (MKJI 1997)
- b. Jalan Terbagi (*divided*)
 - Jalan raya empat-lajur dua-arah terbagi (4/2 T)
 - Jalan raya enam-lajur dua-arah terbagi (6/2 T)
 - Jalan satu arah satu hingga (1/1, 2/1, 3/1)

Semakin lebar jalur semakin leluasa pengemudi mengemudikan kendaraannya sehingga kapasitas jalan akan meningkat, lebar lajur sering berkurang karena adanya parkir kendaraan atau berkurang karena adanya jalur tepian median sehingga lebar jalur yang tersisa sering disebut sebagai **lebar jalur jalan efektif**.

Bahu jalan memberikan kebebasan samping kepada pengemudi sehingga adanya bahu jalan dapat meningkatkan kapasitas jalan. Lebar bahu juga dapat berkurang dikarenakan adanya parkir kendaraan, berkurang karena digunakan untuk menaik turunkan penumpang angkutan umum, adanya gangguan seperti pohon, pedagang kaki lima serta kondisi bahu yang tidak baik karena rusak. **Lebar bahu jalan efektif** adalah lebar bahu jalan dikurangi dengan adanya penghalang tersebut.

Jarak dari kereb ke penghalang juga akan mempengaruhi nilai kapasitas jalan, semakin jauh jaraknya maka kebebasan kendaraan akan semakin besar sehingga kapasitas jalan akan meningkat.

Tipe Alinemen

Tipe alinemen jalan yang dapat dianalisis menggunakan PKJI 2014 meliputi alinemen dengan kondisi sebagai berikut:

- a. Tipe alinemen datar atau hampir datar
- b. Alinemen horisontal yang lurus atau hampir lurus
- c. Pada segmen jalan yang tidak dipengaruhi oleh antrian akibat adanya persimpangan atau arus iringan kendaraan yang tinggi dari simpang bersinyal

MKJI 1997 memberikan 3 jenis alinyemen yaitu datar, perbukitan, dan pegunungan seperti terlihat dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Tipe Alinemen

Tipe alinyemen	Lengkung vertikal naik + turun (m/km)	Lengkung horizontal (rad/km)
Datar	<10	<1,0
Berbukit	10-30	1,0-2,5
Gunung	>30	>2,5

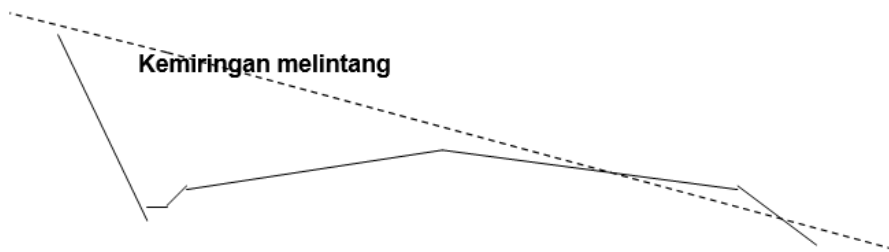
Sumber: MKJI1997

Tipe Medan

Pengelompokan tipe medan dipengaruhi oleh topografi didaerah yang dilalui jalan tersebut dan dinyatakan dengan besarnya kemiringan melintang tegak lurus sumbu jalan. Berdasarkan Spesifikasi Standar untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota DGH 1990) tipe medan dibagi atas:

Tabel 4.2 Tipe Medan

Tipe medan	Kemiringan melintang (%)
Datar	0 – 9,9
Berbukit	10 – 24,9
Gunung	> 25



Gambar 4.1 Kemiringan melintang

Tata Guna Lahan

Pengembangan lahan disekitar/disisi jalan mempengaruhi nilai kapasitas jalan dikarenakan semakin tinggi aktivitas disisi jalan maka akan mempengaruhi gerak kendaraan.

Untuk daerah perkotaan tata guna lahan dibedakan atas:

- daerah pemukiman, dengan jalan samping
- daerah pemukiman dengan beberapa kendaraan umum
- daerah industri dengan beberapa toko di sisi jalan
- daerah komersial, aktivitas sisi jalan tinggi
- daerah komersial dengan aktivitas pasar

Untuk daerah luar kota tata guna lahan digolongkan menjadi:

- perkebunan/daerah belum berkembang
- beberapa pemukiman dan kegiatan rendah
- pedesaan, kegiatan pemukiman
- pedesaan, beberapa kegiatan pasar
- dekat perkotaan, beberapa aktivitas perdagangan

Hambatan Samping jalan

Banyaknya kegiatan disisi jalan sering menyebabkan gangguan bagi lalu lintas menerus. Hambatan ini diperparah dengan rendahnya tingkat kedisiplinan baik pengguna jalan ataupun pengguna sisi jalan. Semakin banyak aktivitas sisi jalan maka nilai kapasitas jalan akan menurun.

Faktor hambatan samping yang mempengaruhi nilai kapasitas sebagai berikut:

- Pejalan kaki
- Angkutan umum dan kendaraan lain yang berhenti
- Kendaraan keluar / masuk dari lahan di samping jalan
- Kendaraan lambat

Perilaku Pengemudi (*Driver Behaviour*) dan Populasi Kendaraan

Perbedaan tingkat perkembangan perkotaan, keanekaragaman kendaraan, populasi kendaraan (umur, tenaga dan kondisi kendaraan, komposisi kendaraan) menunjukkan keberagaman perilaku pengemudi. Karakteristik ini diperhitungkan dalam analisis secara tidak langsung melalui ukuran kota. Kota yang lebih kecil menunjukkan perilaku pengemudi yang kurang gesit dan kendararan yang kurang responsif sehingga menyebabkan kapasitas dan kecepatan lebih rendah pada arus tertentu.

Besar Arus, komposisi dan pemisah arah

Arus lalu lintas 2 lajur 2 arah tanpa pemisah tengah dengan distribusi arah 50% - 50% akan memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap nilai kapasitas jalan.

Pengendalian lalu lintas

Manajemen lalu lintas seperti larangan parkir, daerah batasan kecepatan, pengaturan kendaraan berat dan angkutan umum akan mempengaruhi nilai kapasitas jalan.

4.3 Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan didefinisikan sebagai besarnya arus maksimum yang dapat melalui satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu pada kondisi tertentu.

Kapasitas dapat dibedakan atas:

1. Kapasitas ideal, adalah arus lalu lintas maksimum dari suatu bagian jalan dengan kondisi ideal. Kondisi ideal umumnya merupakan kondisi yang dipilih, dimana peningkatan dari kondisi jalan tidak lagi atau sangat sedikit meningkatkan nilai kapasitas jalan tersebut. Kondisi ideal berbeda-beda sesuai dengan fungsi, fasilitas, kondisi dari jalan tersebut. Istilah ini digunakan oleh US HCM.

Kondisi ideal pada jalan 2/2 UD jalan antar kota menurut US HCM adalah:

- Arus lalu lintas tidak terganggu, bebas dari pengatur lalu lintas dan kendaraan yang membelok
 - Lalu lintas hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja
 - Lebar lajur minimum = 3,6 m dan bahu jalan yang cukup
 - Mempunyai kebebasan samping minimal = 1,80 m
 - Jalan datar
 - Kecepatan ideal = 96 km/jam
2. Kapasitas dasar adalah kemampuan suatu segmen jalan menyalurkan kendaraan yang dinyatakan dalam satuan skr/jam untuk suatu kondisi jalan tertentu mencakup geometrik, pola arus lalu lintas, dan faktor lingkungan. Kondisi tertentu dipilih merupakan kondisi pada umumnya dari suatu ruas jalan. Kapasitas dasar digunakan oleh PKJI.

Kondisi standar untuk jalan 2/2 TT berdasar PKJI 2014 sebagai berikut:

- Lebar jalur lalu lintas = 7m
- Lebar bahu efektif ≥ 2 m untuk setiap sisi
- Tidak ada median
- Pemisahan arah lalu lintas 50% - 50%
- Hambatan samping rendah
- Ukuran kota 1,0 s.d 3,0 juta jiwa

3. Kapasitas, adalah arus lalu lintas maksimum dari suatu bagian jalan untuk kondisi geometrik, faktor lingkungan, arus lalu lintas sesuai dengan kondisi jalan pada saat itu, atau yang direncanakan. Kapasitas ini merupakan kapasitas sebenarnya dari suatu bagian jalan sesuai kondisi pada jalan tersebut.

Rumus umum untuk menentukan nilai kapasitas suatu jalan adalah kapasitas x seluruh faktor koreksi/ penyesuaian ketidak idealan atau ketidak standar

$$\text{Rumus umum } C = C_0 \times F_k$$

C_0 = kapasitas ideal atau kapasitas dasar

F_k = faktor koreksi atau factor penyesuaian

4.4 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan Jalan (TPJ) adalah ukuran kualitatif yang menerangkan kondisi operasional dalam arus lalu lintas dan persepsi pengemudi tentang kualitas berkendara.

Istilah tingkat pelayanan hanya dikenal di negara-negara yang memiliki karakteristik lalu-lintas relatif seragam di seluruh wilayah negaranya seperti Amerika Serikat dan Australia. Penilaiannya oleh pemakai jalan pada umumnya dinyatakan dalam kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak, interupsi lalu-lintas, kenyamanan dan keselamatan. TPJ terdiri dari 6 tingkatan yaitu Tingkat Pelayanan A sampai dengan F, berurutan dari yang terbaik sampai yang terburuk. Keenam tingkat pelayanan ini dapat digambarkan dengan mempergunakan hubungan derajat kejenuhan ($=V/C$) dan kecepatan rata-rata ruang kendaraan (U_s).

Karena berkaitan dengan persepsi pemakai jalan, maka PKJI 2014, tidak menggunakan pendekatan seperti yang dilakukan di Amerika Serikat. PKJI 2014 menggunakan beberapa ukuran kinerja sebagai berikut:

- Derajat Kejenuhan (Q/C)
- Kecepatan arus bebas (V_B)
- Kecepatan Ruang Rata-rata

4.5 Kapasitas Segmen Jalan Perkotaan Berdasar PKJI 2014

Batasan Ruas dan segmen

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 mendefinisikan suatu ruas jalan adalah bagian jalan diantara dan tidak dipengaruhi oleh simpang bersinyal atau simpang tak bersinyal, sedangkan segmen jalan adalah bagian jalan yang mempunyai karakteristik yang hampir sama sepanjang jalan tsb.

Oleh sebab itu bagian jalan yang masih dipengaruhi antrian akibat simpang atau arus iringan kendaraan yang tinggi yang keluar dari simpang bersinyal tidak dapat dipilih untuk analisis kapasitas suatu ruas. Selain itu bila terdapat perubahan karakteristik yang mendasar dalam hal geometrik, hambatan samping, komposisi kendaraan dan lain-lain, maka harus dianggap sebagai segmen yang berbeda (dengan demikian maka di antara dua simpang dapat diartikan mempunyai satu ruas dengan beberapa segmen).

Hambatan Samping

Menurut PKJI 2014, hambatan samping dipengaruhi oleh 4 faktor yang masing-masing memiliki bobot pengaruh yang berbeda terhadap kapasitas, yaitu:

- Pejalan kaki di badan jalan dan yang menyeberang (bobot : 0,5)
- Kendaraan umum dan kendaraan lain yang berhenti (bobot : 1,0)
- Kendaraan keluar / masuk sisi atau lahan samping jalan (bobot : 0,7)
- Arus kendaraan lambat (kendaraan tak bermotor) (bobot : 0,4)

Frekuensi tiap kejadian hambatan samping dihitung dalam rentang 100 meter ke kiri dan kanan (total 200 m) di kedua sisi segmen jalan yang diamati dan hasilnya dikalikan dengan bobotnya masing-masing. Frekuensi kejadian terbobot menentukan kelas hambatan samping:

Tabel 4.3 Penentuan Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Kode	Frekuensi kejadian /200m	Kondisi
Sangat Rendah	SR	< 100	-daerah pemukiman, tersedia jalan lingkungan
Rendah	R	100-299	-daerah pemukiman, ada angkutan umum (angkot)
Sedang	S	300-499	-daerah industri dengan beberapa toko di sisi jalan
Tinggi	T	500-899	-daerah komersial, aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	ST	>900	-daerah komersial dengan aktivitas pasar sisi jalan

Tingkat Analisis

Analisis kapasitas dapat dilakukan pada dua tingkat yang berbeda:

- **Analisis operasional dan perancangan** : Merupakan penentuan kinerja ruas jalan akibat volume lalu-lintas yang ada atau yang diramalkan. Kapasitas juga dapat dihitung, yaitu volume maksimum yang dapat dilewatkan dengan mempertahankan tingkat kinerja tertentu. Lebar jalan atau jumlah lajur yang diperlukan untuk melewati volume lalu-lintas tertentu dapat juga dihitung untuk tujuan perencanaan. Pengaruh kapasitas dan kinerja dari segi perencanaan lain, misalnya pembuatan median atau perbaikan lebar bahu, dapat juga diperkirakan. Ini adalah tingkat analisis yang paling rinci.
- **Analisis perencanaan** : Sebagaimana untuk perencanaan, tujuannya adalah untuk memperkirakan jumlah lajur yang diperlukan untuk jalan rencana, tetapi nilai volume diberikan hanya berupa perkiraan LHRT. Rincian geometri serta masukan lainnya dapat diperkirakan atau didasarkan pada nilai normal yang direkomendasikan.

Volume dan Komposisi Lalu-Lintas

Berdasarkan tingkat analisisnya ketersediaan data lalu-lintas dapat dibagi menjadi dua bagian:

- **Hanya tersedia data LHRT, pemisahan arah (SP) dan komposisi lalu-lintas :**

Volume jam perencanaan dihitung dengan $Q_{JP} = k \times LHRT$.

LHRT adalah volume lalu lintas rata-rata tahunan yang ditetapkan dari survei perhitungan lalu lintas selama satu tahun penuh dibagi jumlah hari dalam tahun tersebut, dinyatakan dalam skr/hari. k adalah faktor jam rencana, ditetapkan dari kajian fluktuasi arus lalu lintas jam-jaman selama satu tahun. Nilai k yang dapat digunakan untuk jalan perkotaan berkisar antara 7% sampai dengan 12%.

- **Data yang tersedia adalah arus lalu-lintas per jenis per arah**

Volume jam perencanaan yang masih bersatuan kendaraan/jam harus dialihkan menjadi skr/jam. PKJI 2014 menyarankan nilai ekr yang berbeda-beda berdasarkan jenis kendaraan, jenis jalan dan volume jam perencanaan (kendaraan/jam).

Kapasitas

Kapasitas untuk jalan dua-lajur dua-arah ditentukan berdasarkan total 2 arah tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, kapasitas ditentukan per lajur. PKJI 2014 menetapkan kapasitas berdasarkan Rumus:

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$$

C_0 = Kapasitas dasar (skr/jam)

FC_{LJ} = Faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{PA} = Faktor penyesuaian pemisahan arah

FC_{HS} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan lebar bahu/jarak kereb – penghalang

FC_{UK} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Nilai kapasitas dasar(C_0) menurut PKJI 2014 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Kapasitas Dasar (C_0)

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (skr/jam)	Catatan
• Jalan empat-lajur terbagi atau jalan satu arah (4/2T atau 1 arah)	1650	Per lajur
• Jalan empat-lajur tak terbagi (4/2 TT) (MKJI 1997)	1500	Per lajur
• Jalan dua-lajur dua-arah (2/2 TT)	2900	Total dua arah

kapasitas dasar bagi kota berpenduduk kurang dari 1 juta jiwa dan kenaikan terhadap kapasitas dasar bagi kota berpenduduk lebih dari 3 juta jiwa.

Tabel 4.8. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FC_{UK})

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	FC_{UK}
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
> 3,0	1,04

Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DJ) didefinisikan sebagai rasio volume (Q) terhadap kapasitas (C), digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu-lintas pada suatu ruas jalan. Nilai derajat kejenuhan menunjukkan apakah ruas jalan akan mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

$$DS = Q / C$$

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan volume dan kapasitas yang dinyatakan dalam skr/jam. Analisis kapasitas Jalan Perkotaan eksisting atau yang akan ditingkatkan harus selalu mempertahankan $DJ \leq 0,85$.

Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas didefinisikan sebagai kecepatan suatu kendaraan yang tidak terpengaruh oleh kehadiran kendaraan lain, yaitu kecepatan dimana pengemudi merasa nyaman untuk bergerak pada kondisi geometrik, lingkungan dan pengendalian lalu lintas yang ada pada suatu segmen jalan tanpa lalu lintas lain (km/jam). Kecepatan arus bebas kendaraan ringan biasanya 10-15 % lebih tinggi dari jenis kendaraan lain. Persamaan untuk penentuan kecepatan arus bebas pada jalan perkotaan mempunyai bentuk berikut:

$$V_B = (V_{BD} + V_{LJ}) \times FV_{HS} \times FV_{BUK}$$

V_B = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada kondisi lapangan (km/jam)

V_{BD} = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan dan alinyemen yang diamati (km/jam)

V_{LJ} = Penyesuaian kecepatan akibat lebar jalur lalu-lintas (km/jam)

FV_{HS} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan lebar bahu / jarak kereb ke penghalang

FV_{BUK} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Kecepatan arus bebas dasar ditentukan berdasarkan jenis jalan dan jenis kendaraan. Secara umum kendaran ringan memiliki kecepatan arus bebas lebih tinggi daripada kendaraan berat dan sepeda motor. Jalan terbagi memiliki kecepatan arus bebas lebih tinggi daripada jalan tidak terbagi. Bertambahnya jumlah lajur sedikit menaikkan kecepatan arus bebas. Sebagai contoh Tabel 5.7. menyajikan nilai kecepatan arus bebas yang disarankan PKJI 2014 untuk kendaraan ringan.

$$\begin{aligned}
& \text{Frekuensi terbobot kejadian hambatan samping} \\
& = 250 \times 0,5 + 200 \times 1,0 + 150 \times 0,7 + 200 \times 0,4 \\
& = 510 \text{ (kelas hambatan samping : H)} \\
C_0 & = 2900 \text{ smp/jam (untuk 2/2 TT, Tabel 4.4)} \\
FC_{LJ} & = 0,87 \text{ (untuk } L_e = 6 \text{ m pada 2/2 TT, Tabel 4.5)} \\
FC_{PA} & = 0,88 \text{ (untuk PA 70\%-30\% pada 2/2 TT, Tabel 4.6)} \\
FC_{HS} & = 0,86 \text{ (untuk } L_b = 1 \text{ m, kelas hambatan samping T pada 2/2 TT, Tabel} \\
& \quad 4.7a) \\
FC_{UK} & = 0,94 \text{ (untuk jalan 2/2 TT pada kota berpenduduk 0,5-1 juta jiwa, Tabel} \\
& \quad 4.8) \\
\mathbf{C} & = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK} \text{ (Rumus 5.1.)} \\
& = 2900 \times 0,87 \times 0,88 \times 0,86 \times 0,94 \\
& = \mathbf{1795 \text{ smp/jam}} \\
\mathbf{DJ} & = Q / C \text{ (Rumus 5.2.)} \\
& = 553 / 1795 \\
& = \mathbf{0,31} \\
V_{BD} & = 44 \text{ km/jam (untuk kendaraan ringan pada 2/2 TT, Tabel 4.9)} \\
FV_{LJ} & = -3 \text{ km/jam (untuk kendaraan ringan pada 2/2 UD, } W_e = 6 \text{ m, Tabel 4.10)} \\
FV_{HS} & = 0,86 \text{ (untuk } W_s = 1 \text{ m, kelas hambatan samping H pada 2/2 UD, Tabel 4.11a)} \\
FV_{UK} & = 0,95 \text{ (untuk jalan 2/2 UD pada kota berpenduduk 0,5-1 juta jiwa, Tabel 4.12)} \\
\mathbf{V_B} & = (FV_{BD} + FV_{LJ}) \times FV_{HS} \times FV_{UK} \\
& = (44 - 3) \times 0,86 \times 0,95 \\
& = \mathbf{33,5 \text{ km/jam}} \\
\mathbf{V_T} & = \mathbf{28,5 \text{ km/jam}} \text{ (untuk } DJ = 0,31 \text{ dan } V_B = 33,5 \text{ km/jam, Gambar 4.2a)}
\end{aligned}$$

RANGKUMAN

1. Parameter pengukur kinerja jalan adalah Kapasitas (C), Derajat Kejenuhan (DJ), Kecepatan Arus Bebas (VB), Kecepatan Sesungguhnya dan Waktu Tempuh
2. Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Jalan yaitu:
 - o Tipe jalan
 - o Komponen pada badan jalan
 - o Tipe alinyemen
 - o Tipe medan
 - o Tata guna lahan
 - o Hambatan samping
 - o Pengemudi dan populasi kendaraan
 - o Besar arus, komposisi lalu lintas dan pemisahan arah
 - o Pengendalian lalu lintas
3. PKJI 2014 mendefinisikan ruas jalan perkotaan sbb:

Segmen jalan yang mempunyai perkembangan permanen dan menerus di sepanjang atau hampir seluruh segmen jalan, minimal pada satu sisinya, berupa pengembangan koridor, berada dalam atau dekat pusat perkotaan yang berpenduduk lebih dari 100.000 jiwa, atau dalam daerah perkotaan dengan penduduk kurang dari 100.000 jiwa tetapi mempunyai perkembangan di sisi jalannya yang permanen dan menerus.
4. Kapasitas dapat dibedakan atas kapasitas ideal, kapasitas dasar dan kapasitas
5. Rumus umum untuk menentukan nilai kapasitas suatu jalan adalah

$$C = C_0 \times F_k$$

C_0 = kapasitas ideal atau kapasitas dasar

F_k = faktor koreksi atau factor penyesuaian

6. PKJI 2014 menetapkan kapasitas berdasarkan Rumus

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$$

C_0 = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_{LJ} = Faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{PA} = Faktor penyesuaian pemisahan arah

FC_{HS} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan lebar bahu/jarak kereb – penghalang

FC_{UK} = Faktor penyesuaian ukuran kota

7. Persamaan untuk penentuan kecepatan arus bebas pada jalan perkotaan mempunyai bentuk berikut :

$$V_B = (V_{BD} + V_{LJ}) \times FV_{HS} \times FV_{BUK}$$

- V_B = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada kondisi lapangan (km/jam)
- V_{BD} = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan pada jalan dan alinyemen yang diamati (km/jam)
- V_{LJ} = Penyesuaian kecepatan akibat lebar jalur lalu-lintas (km/jam)
- FV_{HS} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan lebar bahu / jarak kereb ke penghalang
- FV_{BUK} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Untuk lebih memahami materi bab ini, silahkan jawab pertanyaan sebagai berikut :

1. Jelaskan perbedaan antara kecepatan arus bebas dan kecepatan arus sesungguhnya.!
2. Jelaskan perbedaan dan persamaan antara kapasitas dasar dan kapasitas ideal!
3. Faktor apa saja yang mempengaruhi besarnya kapasitas!
4. Apa yang dimaksud dengan hambatan samping? Jelaskan!
5. Jika diketahui lebar jalan 6 m, 2/2 TT, lebar bahu jalan efektif 2m, dengan hambatan samping tinggi dan distribusi arahnya adalah 50% - 50% serta jalan tersebut terletak di kota Bandung, maka hitung berapa besar Derajat Kejenuhannya (DJ) jika diketahui juga besar arus 1500 skr/jam/2 arah.

Daftar Pustaka

1. Dit. Jend. Binamarga Departemen PU, (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta
2. Kementerian Pekerjaan Umum, 2014, *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*
3. Transportation Research Board (1994), *Highway Capacity Manual*, Washington D.C

5 PENGATURAN LALU LINTAS DI PERSIMPANGAN

Setelah mempelajari bab ini, anda dapat menjelaskan jenis-jenis persimpangan beserta cara pengendaliannya

Persimpangan merupakan bagian penting dari sistem jaringan jalan, lancar tidaknya pergerakan dalam suatu jaringan jalan sangat ditentukan oleh pengaturan pergerakan di persimpangan, secara umum kapasitas persimpangan dapat dikontrol dengan mengendalikan arus lalu lintas dalam sistim jaringan jalan tersebut. Sehingga persimpangan dapat dikatakan sebagai bagian dari suatu jaringan jalan yang merupakan daerah penting / kritis dalam melayani arus lalu lintas.

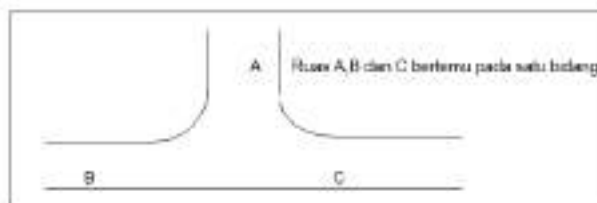
Persimpangan merupakan daerah dimana 2 atau lebih ruas jalan bertemu atau bersilangan. Persimpangan dapat bervariasi dari persimpangan sederhana yang terdiri dari pertemuan dua ruas jalan sampai persimpangan kompleks yang terdiri dari pertemuan beberapa ruas jalan.

5.1 Jenis-jenis Persimpangan

Persimpangan dapat dibedakan atas:

1. Persimpangan Sebidang (Intersection)

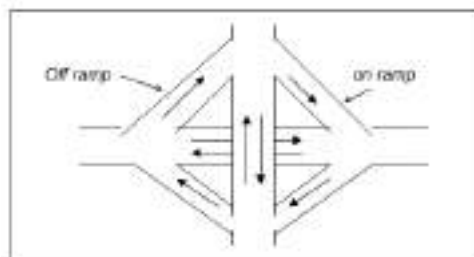
Persimpangan dimana ruas jalan bertemu pada satu bidang.



Gambar 5.1 Persimpangan Sebidang

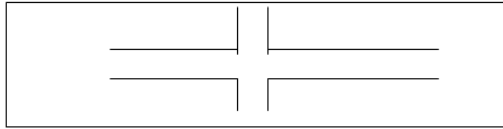
2. Persimpangan Tidak Sebidang (Interchange)

Ruas jalan bersilangan pada bidang yang berbeda atau elevasi yang berbeda sehingga kendaraan yang masuk dan atau ke luar dari satu ruas jalan ke ruas jalan yang lain menggunakan *ramp*.



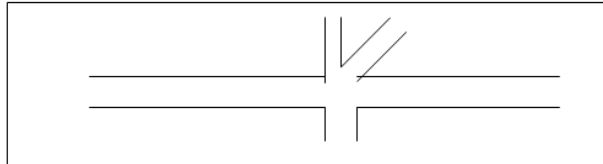
Gambar 5.2 Persimpangan Tidak Sebidang

b. Simpang empat



Gambar 5.6 Bentuk Simpang Empat

c. Simpang dengan banyak cabang jalan



Gambar 5.7 Bentuk Simpang dengan Banyak Cabang Jalan

Dilihat dari cara pengaturan arus lalu lintas di persimpangan, persimpangan dapat dibedakan atas:

- Persimpangan tanpa pengendalian
- Persimpangan dengan pengendalian pemisahan lajur (*chanelized*)
- Persimpangan dengan pengendalian rambu beri kesempatan (*giveaway*) dan rambu stop
- Persimpangan dengan pengendalian bundaran (*roundabout*)
- Persimpangan dengan pengendalian lampu lalu lintas (*traffic signal*)

Pergerakan dan Konflik pada Persimpangan

Pada persimpangan sebidang terdapat 4 jenis pergerakan arus lalu lintas yang dapat menimbulkan konflik yaitu:

- Pemisahan (*diverging*)
- Penggabungan (*merging*)
- Persilangan (*crossing*)
- Jalinan (*weaving*)

Pergerakan dengan banyak konflik sebaiknya dihindari didalam perencanaan pengendalian persimpangan karena akan dapat membingungkan pengemudi dan dapat meningkatkan kecelakaan serta mengurangi kapasitas. Beberapa tipe pergerakan dapat dilihat pada Gambar 5.8.

Dalam menentukan perencanaan yang sesuai, pemasangan sinyal lalu lintas dapat mencapai satu atau lebih hal-hal berikut:

- a. Mengurangi jumlah dari satu jenis kecelakaan
- b. Mempengaruhi pergerakan lalu lintas yang teratur
- c. Menghasilkan arus pleton lalu lintas maju sehubungan dengan koordinasi lampu pada kecepatan yang tertentu sepanjang jalan yang diberikan
- d. Memungkinkan kendaraan lain dan pejalan kaki memotong arus lalu lintas padat.
- e. Mengatur lalu lintas lebih ekonomis dibanding metode manual.

Perencanaan yang buruk atau kurangnya pemeliharaan sinyal lalu lintas dapat menyebabkan:

- a. Meningkatkan frekuensi kecelakaan
- b. Mengakibatkan tundaan (*delay*)
- c. Kemungkinan sinyal tidak ditaati/dilanggar.
- d. Perjalanan menumpuk pada jalan alternatif.

Jika volume lalu lintas masih rendah maka persimpangan tidak memerlukan pengendalian. Dengan bertambahnya volume lalu lintas di pendekat tertentu, maka persimpangan memerlukan pengaturan prioritas dengan memasang rambu beri kesempatan atau rambu stop.

Berdasarkan pengalaman diperoleh bahwa penggunaan lampu lalu lintas akan efektif jika volume lalu lintas yang masuk ke persimpangan mencapai antara **800 kendaraan/jam s.d 1200 kendaraan/jam.**

Jenis Pengatur Lampu Lalu Lintas (*signal controller*)

Berdasarkan cara kerjanya pengatur lampu lalu lintas dapat dibedakan atas 3 macam yaitu:

1. Sinyal lalu lintas waktu tetap (*Fixed Time Controller = Pretimed Controller*), yaitu sinyal lalu lintas dimana waktu hijau, merah dan kuning masing-masing fase mempunyai urutan tetap dalam jangka waktu tertentu. Pengatur bekerja secara pasti dan tetap, lamanya waktu siklus selalu sama, walaupun volume lalu lintas berubah-ubah.

Keuntungan dari sinyal lalu lintas waktu tetap (*pretimed controller*) ini adalah:

- a. *Controller* lebih sederhana, pemeliharaan murah
- b. Untuk kondisi tertentu dapat direncanakan untuk jam-jam sibuk
- c. Kecepatan dapat diselaraskan dengan arus lalu lintas sehingga didapatkan pengaturan *green waves*.

Kerugian:

- a. Tidak mengenal fluktuasi arus lalu lintas.
- b. Mengakibatkan tundaan yang lebih lama pada jam-jam tidak sibuk.

2. Pengendali Gerak Lalu Lintas Penuh (*Traffic Actuated Controller*), yaitu pengatur yang bekerja sesuai dengan kebutuhan lalu lintas yang berbeda-beda seperti tercatat dalam detektor.

Keuntungan dari Pengendali Gerak Lalu Lintas adalah:

- a. Mengurangi tundaan
- b. Dapat menyesuaikan diri dengan fluktuasi arus lalu lintas
- c. Dapat menambah kapasitas
- d. Sangat efektif untuk persimpangan dengan banyak fase

Kerugian:

- a. Biaya instalasi dan pemeliharaan mahal
 - b. Tidak efisien jika pengguna jalan tidak disiplin
 - c. Tidak tepat digunakan jika arus tidak berfluktuasi dan sudah mendekati jenuh
3. Pengendali Gerak Lalu Lintas Semi (*Semi actuated Controller*), pengatur bekerja berdasarkan kebutuhan lalu lintas yang berfluktuasi yang tercatat oleh detektor pada satu atau lebih pendekatan (*approach*) tetapi tidak semua pendekatan persimpangan. Detektor dipasang pada jalan minor, sehingga jika tidak terdapat kendaraan pada jalan minor maka lampu hijau diberikan terus menerus untuk jalan mayor.

Peralatan sistem sinyal lalu lintas

Sistem pengendalian sinyal lalu lintas terdiri dari peralatan-peralatan sebagai berikut

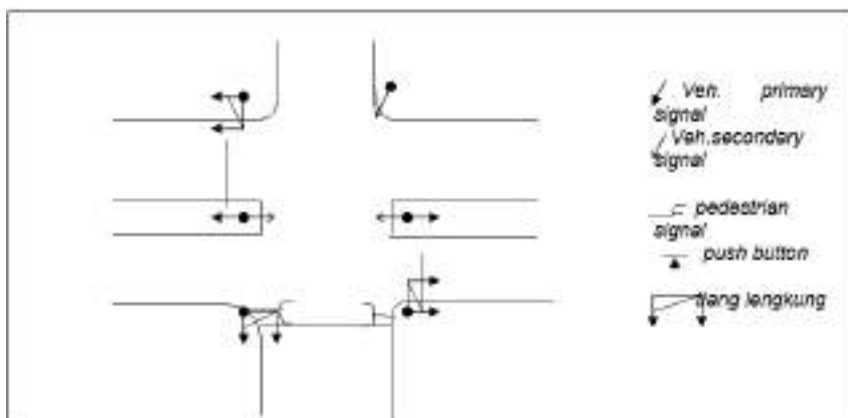
- Kepala sinyal pada tiang
- Detektor untuk lalu lintas (apabila *traffic actuated controller* atau *semi actuated controller*)
- Pengendali lokal (*controller*) untuk menyalakan lampu sinyal pada persimpangan
- Pengendali induk (*controller* pusat) untuk mengkoordinasikan beberapa pengatur lokal bila Area *Traffic Control* (ATC)
- Sistem transmisi untuk menghubungkan sinyal detektor pengendali lokal dan pengendali induk.

Penempatan Peralatan Sinyal

Masing – masing pergerakan lalu lintas pada persimpangan diharapkan mempunyai dua sinyal yaitu sebagai berikut:

- Satu sinyal primer ditempatkan di dekat garis stop pada sisi kiri pendekatan (*approach*)
- Satu sinyal sekunder ditempatkan pada sisi kanan pada pendekatan yang berseberangan

Gambar 5.17 merupakan contoh gambar penempatan peralatan sinyal primer maupun sinyal sekunder.



Gambar 5.17 penempatan sinyal primer dan sekunder pada persimpangan bersinyal

RANGKUMAN

- Persimpangan merupakan daerah dimana 2 atau lebih ruas jalan bertemu atau bersilangan.**
- Persimpangan dapat dibedakan** menjadi persimpangan sebidang, persimpangan tidak sebidang dan persilangan.
- Dilihat dari cara pengaturan arus lalu lintas di persimpangan, persimpangan dapat dibedakan atas:**
 - Persimpangan tanpa pengendalian
 - Persimpangan dengan pengendalian pemisahan lajur (*chanelized*)
 - Persimpangan dengan pengendalian rambu beri kesempatan (*giveaway*) dan rambu stop
 - Persimpangan dengan pengendalian bundaran (*roundabout*)
 - Persimpangan dengan pengendalian lampu lalu lintas (*traffic signal*)
- Kriteria suatu persimpangan perlu dipasang lampu lalu lintas dipengaruhi oleh:**
 - Volume lalu lintas
 - Fluktuasi arus lalu lintas
 - Volume pejalan kaki
 - Jumlah kecelakaan
 - Jumlah konflik
 - Pengurangan tenaga polisi lalu lintas
- Berdasarkan pengalaman diperoleh bahwa penggunaan lampu lalu lintas akan efektif jika** volume lalu lintas yang masuk ke persimpangan mencapai antara 800 kendaraan/jam s.d 1200 kendaraan/jam.
- Pada persimpangan sebidang terdapat 4 jenis pergerakan arus lalu lintas yang dapat menimbulkan konflik yaitu:**
 - Pemisahan (*diverging*)
 - Penggabungan (*merging*)
 - Persilangan (*crossing*)
 - Jalinan (*weaving*)
- Berdasarkan cara kerjanya pengatur lampu lalu lintas dapat dibedakan atas 3 macam:**
 - Sinyal lalu lintas waktu tetap (*Fixed Time Controller = Pretimed Controller*)
 - Pengendali Gerak Lalu Lintas Penuh (*Traffic Actuated Controller*)
 - Pengendali Gerak Lalu Lintas Semi (*Semi actuated Controller*)

Untuk lebih memahami materi bab ini, silahkan jawab pertanyaan sebagai berikut:

- Adakah pengendalian persimpangan dengan Bundaran di kotamu dan jelaskan untung ruginya menggunakan pengaturan ini!
- Sebut dan jelaskan persimpangan di kotamu yang sudah memerlukan penanganan dengan lampu lalu lintas.
- Bagaimana caranya menentukan menggunakan pengendalian persimpangan dengan persimpangan tidak sebidang?
- Jelaskan pengertian tentang masing-masing jenis konflik!
- Sebutkan untung ruginya menggunakan pengendali gerak penuh!
- Apakah kegunaan dari aspek sinyal sekunder? Jelaskan!

Daftar Pustaka

1. Dit. Jend. Binamarga Departemen PU, (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Jakarta
2. Dit. Jend. Pendidikan Tinggi Dep. Pendidikan Dan Kebudayaan, (1998), *Rekayasa Lalu Lintas*, Penataran Dosen PTS Angkatan I, Cisarua Bogor
3. Garber, N.J and Hoel, L.A., (1988), *Traffic and Highway Engineering*, St. Paul: West Publishing Company
4. Mc. Shane W.R. and Roess R.P., (1990), *Traffic Engineering*, New Jersey: Prentice Hall, Inc.

6 KINERJA SIMPANG APILL

Setelah mempelajari bab ini, anda dapat menganalisis kinerja simpang dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)

Lampu lalu lintas pertama kali di pasang di Inggris pada tahun 1868, lampu tersebut dinyalakan dengan gas, dan lampu ini meledak setelah beberapa bulan pemasangan sehingga pemakaian lampu dengan menggunakan gas ini terhenti. Lampu lalu lintas yang sekarang ini dikembangkan dari sistem Amerika dan dipasang pertamakali di Eropa di kota London pada tahun 1932. Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas termasuk yang paling efektif terutama untuk volume lalu lintas pada kaki-kaki simpang yang relatif tinggi. Pengaturan ini dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas pada waktu yang berbeda – beda.

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 disusun untuk memutakhirkan MKJI 1997 karena banyak perubahan dalam kondisi per lalu-lintasan dan jalan, diantaranya adalah populasi kendaraan, komposisi kendaraan, teknologi kendaraan, panjang jalan, dan regulasi tentang lalu lintas, sehingga perlu dikaji dampaknya terhadap kapasitas jalan. Saat ini khususnya sepeda motor, mengalami kenaikan porsi sepeda motor dalam arus lalu lintas yang signifikan, oleh karena hal tersebut maka dalam buku ini akan dimasukkan pedoman yang terbaru, namun jika tidak terjadi perubahan maka akan tetap digunakan MKJI 1997.

6.1 Beberapa Istilah dalam Perencanaan APILL

- **Fase:** Pemisahan arus lalu lintas berdasarkan waktu. Penggunaan dan pemilihan fase tergantung pada arah arus konflik utama yang terjadi, biasanya antara Utara-Selatan dan Barat-Timur. Jika hal ini terjadi maka cukup diatur dengan 2 fase. Pada persimpangan kadang-kadang terdapat belok kanan yang cukup tinggi, sehingga terdapat 3 konflik utama, maka jumlah pengaturan yang diperlukan adalah 3 fase. Dengan adanya fase, titik konflik akan berkurang tetapi jika pemakaian fase salah maka dapat menambah tundaan yang terjadi.

Berdasarkan PKJI 2014 terdapat dua tipe konflik yaitu konflik primer dan sekunder .

Konflik primer termasuk konflik antara arus lalu lintas dari arah tegak lurus, konflik sekunder termasuk konflik antara arus lalu lintas belok kanan dan lalu lintas arah lainnya atau antara belok kiri dan pejalan kaki, lihat Gambar 6.1.

menyebabkan suatu tambahan akhir dari waktu hijau efektif. Jadi besarnya waktu hijau efektif yaitu lamanya waktu hijau dimana arus berangkat terjadi dengan besaran tetap sebesar S kemudian dapat dihitung sebagai:

Waktu hijau efektif = tampilan waktu hijau - kehilangan awal + tambahan akhir

Luas lengkung pada gambar tersebut menunjukkan jumlah arus yang dapat melewati garis henti selama waktu hijau. Luas lengkung tersebut sama dengan luas empat persegi panjang aa' bb' dengan aa' = bb' = arus jenuh.

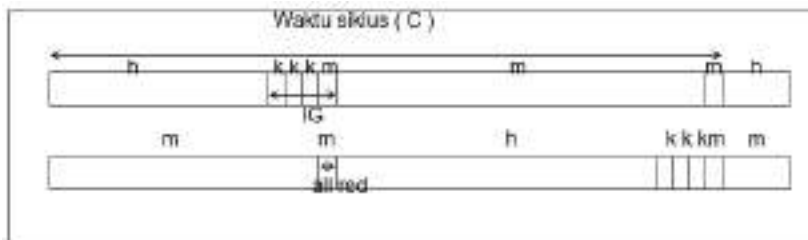
MKJI 1997 menyatakan bahwa kehilangan awal sama besarnya dengan tambahan akhir, sehingga lamanya waktu hijau efektif sama dengan lamanya waktu hijau aktual.

- **Aspek sinyal (*signal aspect*)**

Tanda berupa warna yang ditunjukkan oleh lampu lalu lintas. Aspek sinyal umumnya berupa urutan warna hijau (green), kuning (amber) dan merah (red). Di kota Bandung dan di beberapa negara ada yang menggunakan urutan warna hijau, kuning, merah dan merah- kuning.

- **Waktu antar hijau (*intergreen=IG*)**

Waktu antara berakhirnya lampu hijau pada satu fase dan dimulainya hijau pada fase berikutnya.



Gambar 6.4 Diagram waktu

Berdasarkan PKJI 2014 panjang periode *intergreen* diperoleh dari waktu pengosongan dan masuk dari arus lalu lintas yang mengalami konflik dan mengacu kepada titik konflik.

- **Waktu siklus (*cycle time*)** adalah selang waktu dari awal fase sampai awal fase yang sama. Berdasarkan PKJI 2014 dinyatakan bahwa pengaturan 2-Fase, 3-Fase, 4-Fase yang layak adalah dengan waktu siklus 40- 80 detik, 50 – 100 detik, dan 80 – 130 detik.

6.2 Pengaturan Waktu APILL

- Secara umum urutan perhitungan pengaturan waktu untuk sinyal lalu lintas sebagai berikut:

1. Menghitung arus (Q) sesuai distribusi arah dalam skr/jam
2. Menentukan fase
3. Menghitung arus jenuh (S_j) untuk masing-masing pendekat (*approach*)

4. Menghitung rasio $y_i = FR_i = \frac{q}{S}$
5. Menghitung nilai kritis(terbesar) y_{cr} kritis = FR_{cr} kritis untuk masing-masing fase .
6. Menghitung $\Sigma y_{cr} = \Sigma FR_{cr} = IFR$
7. Menghitung $PR_i = FR_i / \Sigma FR_{cr}$
8. Menghitung panjang periode intergreen
9. Menghitung kehilangan waktu total simpang (L)

$$L = n I$$

10. Menghitung waktu siklus Optimum = waktu siklus sebelum disesuaikan

$$c_{ua} = \frac{1,5xL + 5}{1 - \Sigma FR}$$

11. Menghitung total waktu hijau = $c_{ua} - L$

12. Menghitung waktu hijau

$$g_i = PR_i(c_{ua}-L)$$

13. Menghitung waktu siklus disesuaikan, c (dengan membulatkan nilai hijau)

14. Menghitung kapasitas pendekat

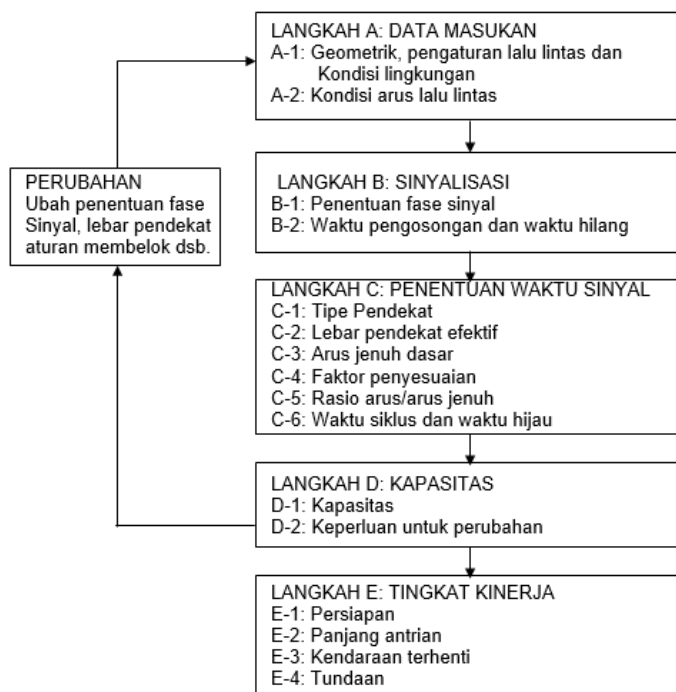
$$C_j = S_j \times g_i / c ; \text{ skr perjam}$$

15. Menghitung derajat kejenuhan

$$DS = \frac{Q}{C_j}$$

6.3. Perhitungan Waktu Sinyal

Secara prinsip urutan langkah menggunakan metode PKJI 2014 tidak berbeda jauh dengan MKJI 2017.



Gambar 6.5. Bagan Alir untuk Analisis APILL

LANGKAH A: DATA MASUKAN

Langkah A-1: Geometrik, Pengaturan lalu Lintas dan Kondisi Lingkungan (Formulir SIG-I).

Informasi untuk diisi pada bagian atas Form SIG-I yaitu data umum, ukuran kota, fase dan waktu sinyal serta Belok kiri langsung LTOR. Gunakan ruang kosong pada bagian tengah dari formulir untuk membuat sketsa simpang tersebut dan masukkan semua data masukan geometrik yang diperlukan. Masukkan data kondisi yang berhubungan dengan kasus yang sedang dipelajari pada tabel di bagian bawah formulir sbb:

- Kode pendekat (kolom 1)

Menggunakan Utara, Selatan, Timur, Barat atau tanda lainnya untuk menamakan pendekat-pendekat tersebut. Lengan simpang dapat dibagi oleh pulau lalu lintas menjadi dua pendekat atau lebih, misal N(LT+ST), N(RT). Cara yang sama digunakan jika gerakan-gerakan lalu lintas pada pendekat tersebut mempunyai lampu hijau yang berbeda fase.

- Tipe lingkungan jalan (kolom 2)

Memasukkan tipe lingkungan jalan (COM = Komersial; RES = Permukiman; RA = Akses Terbatas) untuk setiap pendekat.

- Tipe hambatan samping (kolom 3)

Memasukkan tingkat hambatan samping:

Tinggi: Besar arus yang masuk atau keluar persimpangan berkurang oleh karena aktivitas disisi jalan pada pendekat persimpangan, seperti angkutan umum berhenti, pejalan kaki berjalan sepanjang atau melintas pendekat, banyaknya kendaraan keluar-masuk kesamping jalan.

Rendah: Besar arus yang masuk atau keluar persimpangan tidak berkurang karena adanya aktivitas disisi jalan.

- Median (Kolom 4)

Memasukkan median jika terdapat pada bagian kanan dari garis henti dalam pendekat (Ya/Tidak)

- Kelandaian (Kolom 5)

Memasukkan kelandaian dalam % (naik = + %; turun = -%)

- Belok Kiri Langsung (Kolom 6)

Masukkan jika belok kiri langsung (LTOR) diijinkan (Ya/Tidak) pada pendekat tsb.

- Jarak ke kendaraan parkir (Kolom 7)

Masukkan jarak antara garis henti dan kendaraan pertama yang diparkir disebelah hulu pendekat.

- Lebar pendekat (kolom 8-11)

Masukkan lebar bagian yang diperkeras (W_A) dari masing-masing pendekat (hulu dari titik belok untuk LTOR), Lebar belok kiri langsung (W_{LTOR}), lebar bagian masuk persimpangan (W_{ENTRY}) dan lebar bagian keluar persimpangan (W_{EXIT}).

LANGKAH A-2: KONDISI ARUS LALU LINTAS (Formulir SIG II)

- Jika didapatkan data lalu lintas rinci dengan distribusi jenis kendaraan sesuai arahnya, maka formulir SIG II dapat digunakan.

- Menghitung arus lalu lintas dalam smp/jam pada kondisi terlindung dan/ atau terlawan dan masukkan hasilnya pada kolom (4)-(5), (7)-(8), (10)-(11).

Tabel ekivalensi kendaraan ringan untuk simpang APILL

Tipe Kendaraan	ekr	
	Pendekat terlindung	Pendekat terlawan
KR	1,0	1,0
KB	1,3	1,3
SM	0,15	0,4

Sumber: PKJI 2014

- Hitung arus lalu lintas total Q_{MV} dalam kendaraan/jam atau smp/jam pada masing-masing pendekatan untuk kondisi arus berangkat terlindung dan/ atau terlawan dan masukkan hasilnya pada kolom (12)-(14).
- Hitung untuk masing-masing pendekatan rasio kendaraan belok kiri p_{LT} , dan rasio belok kanan p_{RT} dan masukkan hasilnya kedalam kolom (15) dan (16).

$$p_{LT} = \frac{LT(\text{smp/jam})}{\text{Total}(\text{smp/jam})} \quad p_{RT} = \frac{RT(\text{smp/jam})}{\text{Total}(\text{smp/jam})}$$

- Hitung rasio kendaraan tidak bermotor dengan membagi arus kendaraan tidak bermotor Q_{UM} kendaraan/jam pada kolom (17) dengan arus kendaraan bermotor Q_{MV} kendaraan/jam pada kolom (12).

$$p_{UM} = \frac{Q_{UM}}{Q_{MV}}$$

LANGKAH B: PENGGUNAAN SINYAL

LANGKAH B-1: FASE SINYAL (Formulir SIG-IV)

Jika perhitungan dikerjakan untuk fase sinyal yang lain dari yang digambarkan pada formulir SIG-I, maka rencana fase sinyal harus dipilih sebagai alternatif permulaan untuk keperluan evaluasi.

PROSEDUR

- Pilih fase sinyal, biasanya pengaturan dua fase dicoba sebagai fase dasar, karena akan menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan tundaan rata-rata lebih rendah dari tipe fase sinyal yang lain. Arus berangkat belok kanan pada fase yang berbeda dari gerakan lurus akan memerlukan lajur belok kanan (lajur RT) terpisah. jika arus belok kanan melebihi 200 smp/jam.

LANGKAH B-2: WAKTU PENGOSONGAN DAN WAKTU HILANG (Formulir SIG-III)

- Tentukan waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada setiap akhir fase dan hasil waktu antar hijau (IG) per fase.
- Tentukan waktu hilang (LTI) sebagai jumlah dari waktu antar hijau persiklus, dan masukkan hasilnya kedalam bagian bawah kolom 4 pada formulir SIG-IV.

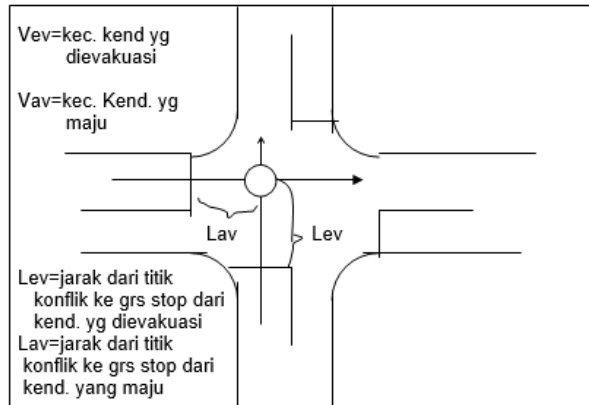
Untuk keperluan perancangan, waktu antar hijau (kuning+merah) semua dapat diperoleh berdasarkan tabel sebagai berikut:

Tabel Nilai Waktu Antar Hijau untuk Perancangan

Ukuran Simpang	Lebar jalan rata-rata (m)	Nilai waktu antar hijau (detik/fase)
Kecil	6-<10	4
Sedang	10-<15	5
Besar	≥ 15	≥ 6

Sumber: PKJI 2014

Perhitungan Rinci Waktu Antar Hijau untuk Perencanaan atau Operasional sbb:



Gambar 6.5. Penentuan titik Konflik Kritis

Jika 2 fase maka perhitungan merah semua (*all red*) sbb:

- Waktu merah semua fase 1 ke fase 2

= waktu evakuasi kend. terakhir fase 1 – waktu maju kend. awal fase 2.

$$= \left[\frac{(L_{EV} + \ell_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]_{\max}$$

- Dengan menggunakan persamaan yang sama dapat dihitung Waktu semua merah dari fase 2 ke fase 1

- Nilai-nilai ini dapat dipilih untuk menentukan kecepatan dan panjang kendaraan:

Kecepatan kendaraan yang dievakuasi V_{EV} = kecepatan kendaraan yang maju V_{AV} = 10 m/dt

Panjang kendaraan ℓ_{ev} = 5m (untuk kendaraan ringan)

- Σ merah semua = waktu merah semua fase 1 ke fase 2 + waktu merah semua fase 2 ke fase 1

- Waktu kuning (*amber*) biasanya diambil 3 dt, untuk 2 fase = 2 x 3 dt = 6 dt

- Waktu Hilang Total (LTI) = Σ Waktu antar hijau (*Intergreen*) = Σ (MERAH SEMUA + KUNING)

LANGKAH C PENENTUAN WAKTU SINYAL (Formulir SIG IV)

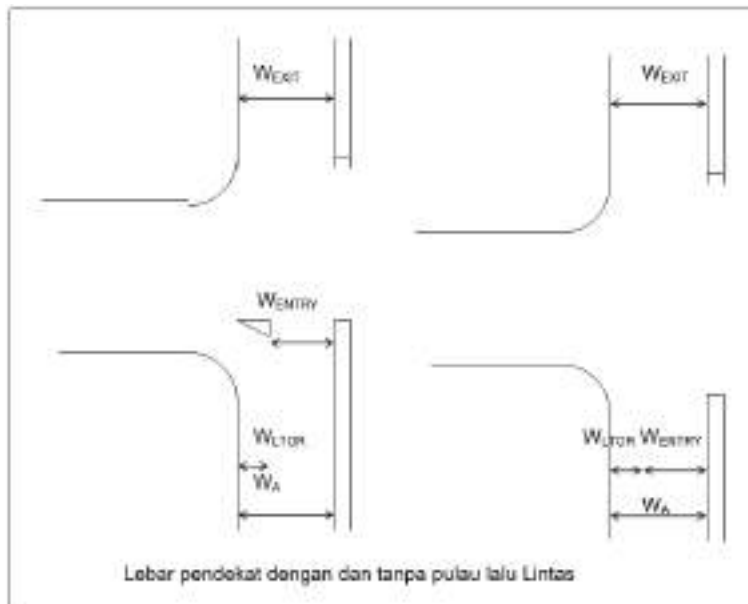
LANGKAH C-1: TIPE PENDEKAT

- Masukkan nomor fase yang masing-masing gerakannya menunjukkan nyala hijau pada kolom 2.
- Tentukan tipe pendekat (P atau O) dan masukkan hasilnya pada kolom 3.
- Masukkan rasio kendaraan berbelok pada kolom 4-6
- Masukkan Q_{RT} pada kolom 7 untuk masing-masing pendekat.
- Masukkan Q_{RTO} pada kolom 8

LANGKAH C-2: LEBAR PENDEKAT EFEKTIF

Tentukan lebar efektif pendekat (W_E) dari setiap pendekat berdasarkan lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{ENTRY}) dan lebar keluar (W_{EXIT}).

Nilai W_E dimasukkan ke kolom 9



A. Jika $W_{LTO} \geq 2 \text{ m}$,

maka $Q = Q_{ST} + Q_{RT}$

$$W_E = \text{MIN } A \begin{cases} W_A - W_{LTO} \\ W_{ENTRY} \end{cases}$$

Hanya untuk tipe pendekat P:

Jika $W_{EXIT} < W_E \times (1 - p_{RT})$, maka $W_E = W_{EXIT}$ dan $Q = Q_{ST}$

B. Jika $W_{L TOR} < 2 \text{ m}$.

Maka $Q = Q_{ST} + Q_{RT} + Q_{LT}$

$$W_E = \text{MIN } A \left\{ \begin{array}{l} W_A \\ W_{\text{ENTRY}} + W_{L TOR} \\ W_A \times (1 - L_{TOR}) - W_{L TOR} \end{array} \right.$$

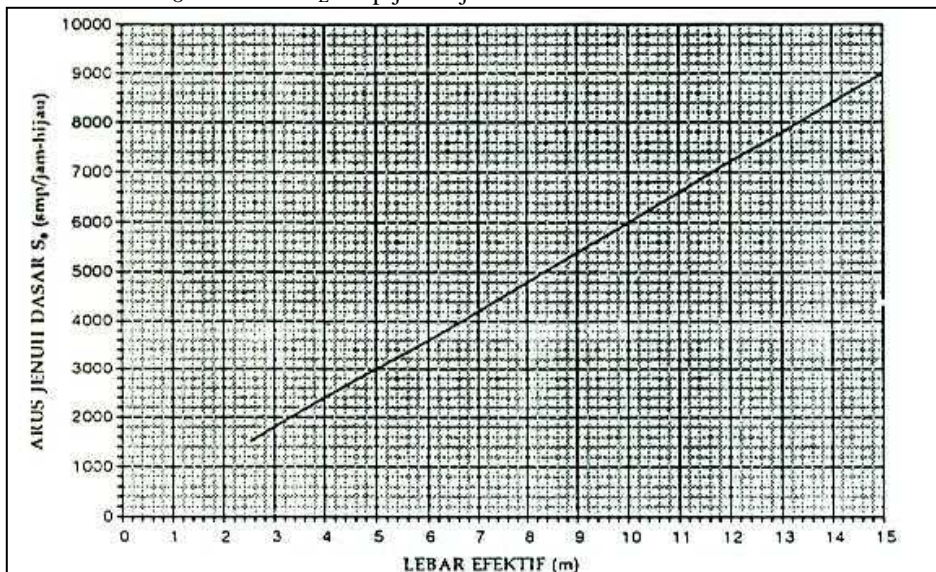
Hanya untuk tipe pendekat P:

Jika $W_{\text{EXIT}} < W_E \times (1 - p_{RT} - p_{L TOR})$, maka $W_E = W_{\text{EXIT}}$ dan $Q = Q_{ST}$

LANGKAH C-3: ARUS JENUH DASAR (masukkan ke kolom 10)

A. Untuk pendekat tipe P (arus terlindung)

$$S_O = 600 \times W_E \text{ smp/jam hijau}$$



Sumber : MKJI, 1997

Gambar . Arus Jenuh Dasar Untuk Pendekat Tipe P

B. Untuk pendekat tipe O

S_O ditentukan berdasarkan kurva pendekat tanpa lajur belok kanan terpisah atau kurva dengan pendekat dengan lajur belok kanan terpisah.

- a) Jika $Q_{RTO} < 250$ smp/jam:
 - $Q_{RT} < 250$
 1. Tentukan S_{proy} pada $Q_{RTO} = 250$
 2. Tentukan S sesungguhnya sebagai

$$S = S_{proy} - (Q_{RTO} - 250) \times 400 \text{ smp/jam}$$
- $Q_{RT} > 250$
 1. Tentukan S_{proy} pada $Q_{RT} \& Q_{RTO} = 250$
 2. Tentukan S sesungguhnya sebagai

$$S = S_{proy} - (Q_{RTO} - 250) \times 400 \text{ smp/jam}$$
- b) Jika $Q_{RTO} < 250$ dan $Q_{RT} > 250$ smp/jam: Tentukan S seperti pada $Q_{RT} = 250$

Lajur belok kanan terpisah

- a) Jika $Q_{RTO} > 250$ smp/jam:
 - $Q_{RT} < 250$
 1. Tentukan S dari gambar
- $Q_{RT} > 250$
 1. Tentukan S_{proy} pada $Q_{RT} \& Q_{RTO} = 250$
- b) Jika $Q_{RTO} < 250$ dan $Q_{RT} > 250$ smp/jam: Tentukan S seperti pada $Q_{RT} = 250$

LANGKAH C-4: FAKTOR PENYESUAIAN

- a) Tentukan faktor penyesuaian berikut untuk nilai arus jenuh dasar untuk kedua tipe pendekat P dan O sebagai berikut:

Faktor koreksi ukuran kota F_{CS} (kolom 11) ditentukan dari tabel sbb:

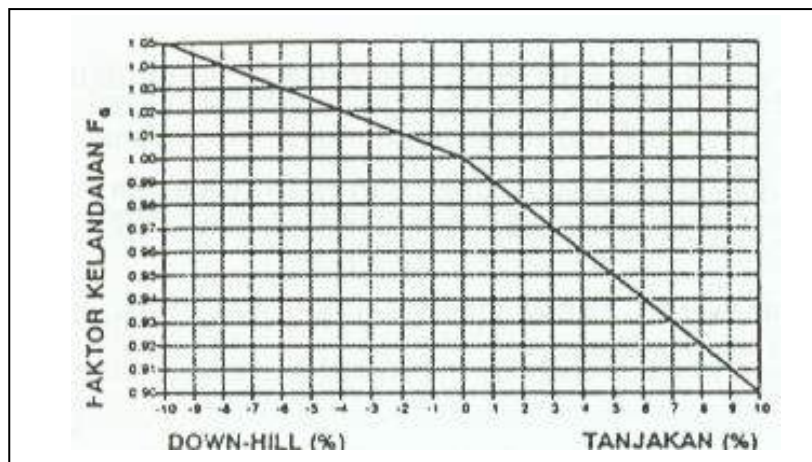
Tabel faktor Koreksi ukuran Kota

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
	F_{CS}
>3,0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5-1,0	0,94
0,1- 0,5	0,83
<0,1	0,82

Faktor Penyesuaian Hambatan Samping F_{SF} (kolom 12) ditentukan dari tabel sbb:

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan tidak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Faktor Penyesuaian Kelandaian F_G (kolom 13):



Gambar . Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (F_G)

Faktor Penyesuaian Parkir, F_p (kolom 14)

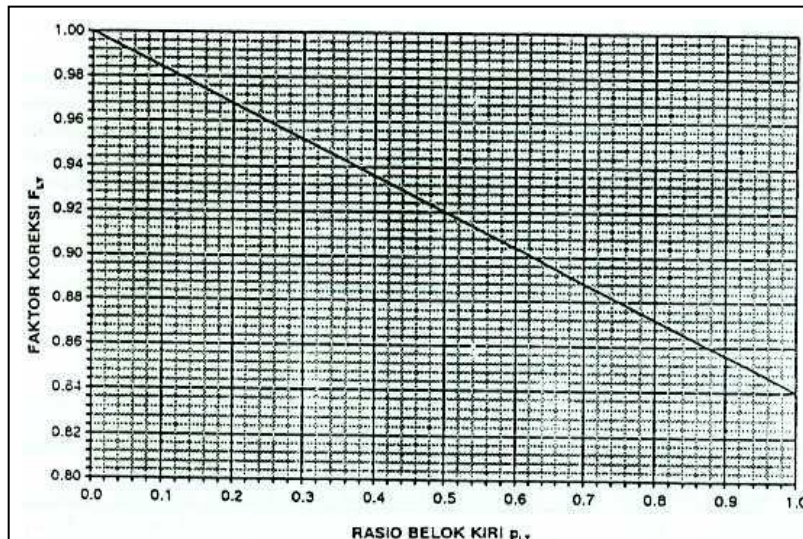
$$F_p = \left[\frac{L_p}{3} - (W_A - 2) \times \left(\frac{L_p}{3} - g \right) \times \frac{1}{W_A} \right] \frac{1}{g}$$

dengan:

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

W_A = Lebar pendekat (m)

G = Waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 detik)



Gambar Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

c) Nilai arus jenuh yang disesuaikan:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

LANGKAH C-5: RASIO ARUS/RASIO ARUS JENUH

Masukkan arus lalu lintas yang sesuai untuk masing-masing pendekat (Q) dari formulir SIG-II kolom 16 (terlindung) atau kolom 17 (terlawan) kedalam kolom 18 pada formulir SIG-IV. Hitung Rasio arus (FR) untuk masing-masing pendekat dan masukkan hasilnya dalam kolom 19:

$$FR = \frac{Q}{S}$$

Hitung rasio arus simpang (IFR) sebagai jumlah dari nilai-nilai FR_{CRIT} dan masukkan hasilnya kedalam kotak bagian terbawah kolom 19.

$$IFR = \sum (FR_{CRIT})$$

Hitung Rasio Fase (PR) untuk masing-masing fase sebagai rasio antara FR_{CRIT} dan IFR , dan masukkan hasilnya pada kolom 20.

$$PR = \frac{FR_{CRIT}}{IFR}$$

LANGKAH C-6: WAKTU SIKLUS DAN WAKTU HIJAU

a) Waktu siklus sebelum penyesuaian (c_{UA})

Hitung waktu siklus sebelum penyesuaian (c_{UA}) dan masukkan harganya pada bagian terbawah kolom 10 dan formulir SIG-IV.

$$c_{UA} = \frac{1,5 \times LTI + 5}{1 - IFR}$$

dengan

c_{UA} = waktu siklus sebelum penyesuaian

LTI = Waktu hilang total persiklus (detik)

IFR = Rasio arus simpang

Tabel berikut adalah waktu siklus yang disarankan:

Tabel penentuan waktu siklus yang disarankan

Tipe pengaturan	Waktu siklus yang layak (detik)
Pengaturan dua-fase	40-80
Pengaturan tiga-fase	50-100
Pengaturan empat-fase	80-130

b) Waktu Hijau

Hitung waktu hijau (g) untuk masing-masing fase:

$$g_i = (c_{UA} - LTI) \times PR_i$$

dengan:

g_i = tampilan fase hijau pada fase i(det)

c_{UA} = waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total persiklus

PR_i = rasio fase

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah dan menyulitkan bagi pejalan kaki yang mau menyeberang. Masukkan hasil waktu hijau yang telah dibulatkan keatas tanpa pecahan dalam kolom 21.

c) Waktu siklus yang disesuaikan (c)

Hitung waktu siklus yang disesuaikan berdasar waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan serta waktu hilang LTI. Masukkan hasilnya pada bagian terbawah kolom 10.

$$c = \Sigma g + LTI$$

LANGKAH D: KAPASITAS (C)

Langkah D meliputi penentuan kapasitas masing-masing pendekat, dan pembahasan mengenai perubahan-perubahan yang harus dilakukan jika kapsitas tidak mencukupi.

LANGKAH D-1: KAPASITAS

Kapasitas $C = S \times \frac{g}{c}$ hasilnya masukkan kolom 22

Derajat kejenuhan $DS = \frac{Q}{S}$ hasilnya masukkan kolom 23

LANGKAH E: TINGKAT KINERJA (Formulir SIG V)

Tingkat Kinerja meliputi panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

PANJANG ANTRIAN

Untuk $DS > 0,5$

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

dengan:

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = derajat kejenuhan
 GR = rasio hijau
 C = kapasitas (smp/jam)

Hasilnya masukkan ke kolom 6

Untuk $DS \leq 0,5$: $NQ_1 = 0$

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

dengan:

NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

c = waktu siklus (detik)

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

Hasilnya masukkan ke kolom 7

Jumlah Kendaraan Antri: $NQ = NQ_1 + NQ_2$

Hasilnya masukkan ke kolom 8

Panjang antrian: $QL = \frac{NQ \times 20}{W_{ENTRY}}$

Hasilnya masukkan ke kolom 10

KENDARAAN TERHENTI

Laju Henti: (hasilnya masukkan ke kolom 11)

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q} \times 3600$$

dengan:

c = waktu siklus (detik)

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

Jumlah kendaraan terhenti: (hasilnya masukkan ke kolom 12)

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

Jumlah kendaraan terhenti rata-rata: (hasilnya masukkan ke bagian terawah kolom 12)

$$NS_{TOT} = \frac{\sum NSV}{Q_{TOT}}$$

TUNDAAN

1) **Tundaan lalu Lintas rata-rata (DT)** (hasilnya masukkan ke kolom 13)

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

dengan:

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

- c = waktu siklus yang disesuaikan (det)
- A = $\frac{0,5x(1-GR)^2}{(1-GR \times DS)}$
- GR = rasio hijau (g/c)
- DS = derajat kejenuhan DS
- NQ₁ = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
- C = kapasitas (smp/jam)

2) **Tundaan Geometri (DG)** (hasilnya masukkan ke kolom 14)

$$DG_J = (1-p_{sv}) \times p_T \times 6 + (p_{sv} \times 4)$$

dengan:

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

p_{sv} = rasio kendaraan berhenti pada pendekat = Min(NS,1)

p_T = rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Tundaan rata-rata untuk seluruh pendekat: (hasilnya masukkan kotak paling bawah kolom 16)

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D_j)}{Q_{TOT}}$$

Contoh soal:

Kawasan pemukiman akan dikembangkan pada bagian timur laut kota Yogyakarta. Kawasan tersebut akan dihubungi oleh jalan baru Jl. Baru ke jl. Sudirman. Simpang akan beroperasi dengan sinyal lalu lintas.

Data diperlihatkan pada form SIG I dan SIG II.

Pertanyaan:

- a. Buat denah simpang dan pengaturan fase
- b. Hitung waktu sinyal, derajat kejenuhan, panjang antrian dan tundaan dengan pengaturan dua fase.

MANUAL KAPASITAS JALAN INDONESIA

FORMULIR SIG-I

SIMPANG BERSINYAL FORMULIR SIG-1: GEOMETRI PENGATURAN LALU LINTAS LINGKUNGAN		Tanggal: 24 Januari 1996 Ditangani oleh: DK								
		Kota: Yogyakarta								
		Simpang: JL. Baru – JL Sudirman								
		Ukuran Kota: 0,42 Juta								
		Soal: 2 - Fase								
Periode: Jam Puncak Pagi - Sore										
FASE SINYAL YANG ADA										
Kondisi Lapangan										
Kode pendekat	Tipe Lingkungan jalan	Hambatan Samping Tinggi/rendah	Median Ya/tidak	landai +/- %	Belok kiri Langsung Ya/tdk	Jarak ke Kend. parkir	Lebar pendekat (m)			
							W _A	W _{msk}	W _{LTOR}	W _{keluar}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
U	RES	R	T		T		3,5	3,5		3,5
S	RES	R	T		T		3,5	3,5		3,5
T	RES	R	Y		T		6,0	6,0		6,0
B	RES	R	Y		T		6,0	6,0		6,0

MANUAL KAPASITAS JALAN INDONESIA

FORMULIR SIG-II

Kode Pen de kat		A R A H		ARUS LALU LINTAS KENDARAAN BERMOTOR (MV)											NON MOTOR		
				Kend ringan (LV)			Kend berat (HV)			Sepeda motor (MC)			Kendaraan bermotor Total MV			Rasio belok	
		emp terlindung = 1,0 emp terlawan = 1,0		emp terlindung = 1,3 emp terlawan = 1,3			emp terlindung = 0,2 emp terlawan = 0,4								Kend/ jam		
		smp/jam		smp/jam			smp/jam			smp/jam			p _{LT}	p _{RT}			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
U	LT/LTO R	69	69	69	3	4	4	38	8	15	110	81	88	0,15		6	0,05
	ST	334	334	334	13	17	17	183	37	73	530	388	424			27	0,05
	RT	69	69	69	3	4	4	38	8	15	110	81	88		0,15	6	0,05
	Total	472	472	472	19	25	25	259	53	103	750	550	600			39	0,05
S	LT/LTO R	63	63	63	3	4	4	35	7	14	101	74	81	0,15		5	0,05
	ST	84	84	84	11	14	14	155	31	62	450	329	360			23	0,05
	RT	63	63	63	3	4	4	35	7	14	101	74	81		0,15	5	0,05
	Total	410	410	410	17	22	22	225	45	90	652	477	522			33	0,05
T	LT/LTO R	107	107	107	4	5	5	59	12	24	170	124	136	0,15		9	0,05
	ST	510	510	510	20	26	26	279	56	112	809	592	648			41	0,05
	RT	107	107	107	4	5	5	59	12	24	170	124	136		0,15	9	0,05
	Total	724	724	724	28	36	36	397	80	160	1149	840	920			59	0,05
B	LT/LTO R	88	88	88	4	5	5	48	10	19	140	103	112	0,15		7	0,05
	ST	422	422	422	17	22	22	231	46	92	670	490	536			34	0,05
	RT	88	88	88	4	5	5	48	10	19	140	103	112		0,15	7	0,05
	Total	598	598	598	25	32	32	327	66	130	950	696	760			48	0,05

MANUAL KAPASITAS JALAN INDONESIA

FORM SIG-III

SIMPANG BERSINYAL FORMULIR SIG-III: WAKTU ANTAR HIJAU WAKTU HILANG		Tanggal:		24 JANUARI 1996			
		Ditangani oleh:		DK			
		Kota:		YOGYAKARTA			
		Simpang:		JL. BARU – JL. SUDIRMAN			
		Soal:		2 - FASE			
LALU LINTAS BERANGKAT		LALU LINTAS DATANG					Waktu merah semua (dt)
Pendekat	Kecepatan V_E m/dt	Pendekat	U	S	T	B	
		Kecepatan V_A m/dt	10	10	10	10	
U	10	Jarak berangkat-datang (m)			17+5-7		
		Waktu berangkat-datang (dt)**			1,7+0,5-0,7		1,5
S	10	Jarak berangkat-datang (m)				17+5-7	
		Waktu berangkat-datang (dt)**				1,7+0,5-0,7	1,5
T	10	Jarak berangkat-datang (m)		11+5-7			
		Waktu berangkat-datang (dt)**		1,1+0,5-0,7			1,0
B	10	Jarak berangkat-datang (m)	11+5-7				
		Waktu berangkat-datang (dt)**	1,1+0,5-0,7				1,0
		Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dt)**					
		Penentuan waktu merah semua Fase 1 \Rightarrow Fase 2 Fase 2 \Rightarrow Fase 1 Fase \Rightarrow Fase Fase \Rightarrow Fase Waktu kuning total (3 dt/fase)					1,5 1,0 6,0
		Waktu hilang total (LTI) = merah semua total + waktu kuning (dt/siklus)					8,5

** waktu berangkat = $(L_{EV} + l_{EV}) / V_{EV}$
 waktu datang = L_{AV} / V_{AV}

Contoh Perhitungan (tanpa menggunakan formulir):

Arus yang ada pada 4 kaki persimpangan telah dihitung dan diperlihatkan dalam smp/jam. Untuk menyederhanakan, diasumsikan bahwa lalu lintas yang membelok adalah kecil (maka digunakan pengendalian dua fase)

Lampu lalu lintas ditetapkan dengan waktu antar hijau 6 detik, yaitu terdiri atas 3 detik waktu merah total dan 3 detik untuk waktu kuning. Total waktu hilang persiklus adalah:

$$\begin{aligned} LTI &= n \cdot I \\ &= 2 \cdot 6 \\ &= 12 \text{ dt} \end{aligned}$$

Perhitungan nilai IFR = Σy disajikan dalam bentuk Tabel 7.2 berikut :

Tabel 7.2 Tabel Nilai Perbandingan Arus dan Arus Jenuh

Satuan	Kaki Persimpangan			
	U	S	T	B
Q (smp/jam)	600	450	900	750
s (smp/jam hijau)	2400	2000	3000	3000
FR = $y = q/s$	0,25	0,225	0,30	0,25
FR _{Crit} = y kritis	0,25		0,30	
IFR = Σy	0,55			
PR = FR _{Crit} / IFR	0,45		0,55	

- Waktu siklus sebelum penyesuaian (c_{UA})

$$c_{UA} = \frac{1,5 \times LTI + 5}{1 - IFR}$$

$$\begin{aligned} c_{UA} &= \frac{1,5 \times 12 + 5}{1 - 0,55} \\ &= 51,11 \text{ dt} \end{aligned}$$

- Waktu Hijau

$$\begin{aligned} g_{us} &= (c_{UA} - LTI) \times PR_{us} \\ &= (51,11 - 12) \times 0,45 \\ &= 17,60 \\ &= 18 \text{ dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g_{TB} &= (c_{UA} - LTI) \times PR_{TB} \\ &= (51,11 - 12) \times 0,55 \\ &= 21,51 \\ &= 22 \text{ dt} \end{aligned}$$

- Waktu siklus yang disesuaikan (c)

$$\begin{aligned}
 c &= \Sigma g + LTI \\
 &= 18 + 22 + 12 \\
 &= 52 \text{ dt}
 \end{aligned}$$

Kapasitas dan Derajat Kejenuhan:

$$C_U = 18 \times 2400 / 52 = 830,77 \text{ smp/jam}$$

$$DS_U = 600 / 830,77 = 0,72$$

$$C_S = 18 \times 2000 / 52 = 692,31 \text{ smp/jam}$$

$$DS_S = 450 / 692,31 = 0,65$$

$$C_T = 22 \times 3000 / 52 = 1269,23 \text{ smp/jam}$$

$$DS_T = 900 / 1269,23 =$$

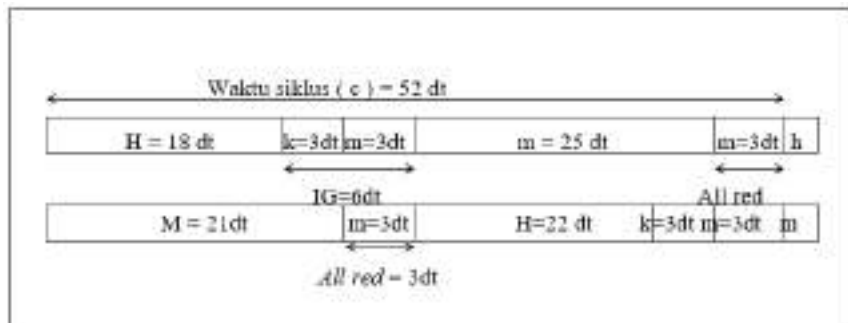
0,71

$$C_B = 22 \times 3000 / 52 = 1269,23 \text{ smp/jam}$$

$$DS_B = 750 / 1269,23 =$$

0,59

Diagram waktu diperlihatkan pada Gambar sbb:



Gambar 7.6 Diagram Waktu

RANGKUMAN

1. **Fase pemisahan arus lalu lintas** berdasarkan waktu.
2. **Arus Jenuh (Saturation Flow)**
Besarnya arus keluaran maksimum dari antrian pada suatu pendekat selama satu jam lampu hijau (satuan: smp/jam-lampu hijau)
3. **Aspek sinyal (signal aspect)**
Tanda berupa warna yang ditunjukkan oleh lampu lalu lintas. Aspek sinyal umumnya berupa urutan warna hijau (green), kuning (amber) dan merah (red).
4. **Waktu antar hijau (intergreen=IG)**
Waktu antara berakhirnya lampu hijau pada satu fase dan dimulainya hijau pada fase berikutnya.
5. **Waktu siklus (cycle time)**
selang waktu dari awal fase sampai awal fase yang sama

Untuk lebih memahami materi bab ini, silahkan jawab pertanyaan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menentukan fase?
2. Faktor apa saja yang mempengaruhi besar arus jenuh?

3. Apa yang dimaksud dengan late start dan early cut off? Digunakan pada kondisi yang bagaimana pengaturan ini? Jelaskan!
4. Bagaimana cara menentukan waktu hilang total di persimpangan?
5. Rencanakan pengaturan waktu sebuah persimpangan yang akan dipasang lampu lalu lintas di kotamu!

Daftar Pustaka

1. Dit. Jend. Binamarga Departemen PU, (1997), Manual Kapasitas Jalan Indonesia, Jakarta
2. Dit. Jend. Pendidikan Tinggi Dep. Pendidikan Dan Kebudayaan, (1998), Rekayasa Lalu Lintas, Penataran Dosen PTS Angkatan I, Cisarua Bogor
3. Garber,N.J and Hoel, L.A., (1988),Traffic and Highway Engineering, St.Paul:West Publishing Company
4. Mc. Shane W.R. and Roess R.P., (1990), Traffic Engineering, New Jersey:Prentice Hall, Inc.
5. Kementerian Pekerjaan Umum, 2014, Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)
6. Webster,F.V. and Cobbe,B.M., (1966), Traffic Signals, London: Her Majesty's Stationery Office

7 MANAJEMEN LALU LINTAS

Setelah mempelajari bab ini, anda dapat menjelaskan pengaturan arus lalu lintas di ruas dan persimpangan jalan

Manajemen lalu lintas merupakan pengaturan sistem lalu lintas dan sistem prasarana jalan dengan menggunakan beberapa metode ataupun teknik rekayasa tertentu tanpa membangun jalan baru dalam usaha untuk mencapai tujuan tertentu yang berhubungan dengan masalah lalu lintas.

7.1 Umum

Manajemen lalu lintas adalah bagian dari ilmu rekayasa lalu lintas dimana metode-metode yang ada digunakan untuk mengatur arus maupun prasarana transportasi yang ada agar dapat digunakan secara efisien.

Dari definisi tersebut di atas maka dapat disimpulkan bahwa tujuan dari manajemen lalu lintas adalah:

- Mendapatkan tingkat efisiensi dari pergerakan lalu lintas secara menyeluruh, sehingga didapatkan tingkat aksesibilitas cukup tinggi
- Meningkatkan tingkat keselamatan
- Memperbaiki kondisi lingkungan
- Penggunaan energi yang lebih efisien

Berdasarkan tujuan dari pengaturan arus lalu lintas maka sangat perlu ditentukan kebijakan pelaksanaan manajemen lalu lintas yang meliputi pengaturan rute dan volume lalu lintas, pengaturan yang berkaitan dengan perilaku pengemudi, pengaturan yang berkaitan dengan keselamatan berlalu lintas dan pengaturan yang berkaitan dengan lingkungan.

Masing-masing pengaturan tersebut berisikan suatu tindakan yang berkaitan dengan:

1. Volume Lalu Lintas & Pengaturan Rute
 - Mengatur sirkulasi lalu lintas pada suatu jaringan jalan, misalnya mengubah arus lalu lintas 2 arah menjadi 1 arah
 - Meminimumkan waktu tempuh total, sebagai contoh diterapkan lajur khusus bus
 - Mengurangi lalu lintas menerus, memisahkan dengan lalu lintas lokal
 - Mengatur kendaraan berat, diterapkannya batasan waktu kendaraan berat lewat
 - Meningkatkan kondisi operasional lalu lintas dengan perambuan dan pemarkaan
2. Perilaku Pengemudi
 - Meningkatkan disiplin pengendara
 - Mengurangi variasi kecepatan
 - Mengurangi kecepatan rata-rata
 - Menciptakan lingkungan berlalu lintas yang tertib

3. Keselamatan Berjalan Lintas
 - Mengurangi titik konflik pada persimpangan, misalkan dengan larangan belok kanan
 - Mengurangi titik konflik di ruas jalan, salah satu cara yaitu dengan pemasangan median untuk memisahkan konflik kendaraan dari arah depan.
4. Lingkungan
 - Perbaikan lansekap jalan
 - Fasilitas pejalan kaki

Terdapat beberapa istilah manajemen lalu lintas yang sering digunakan seperti:

- Manajemen Lalu Lintas pada Daerah Lokal (*Local Area Traffic Management*) yaitu pengaturan lalu lintas pada kawasan perumahan.
- Manajemen Lalu Lintas pada jalan luar kota (*rural road management*).
- Manajemen Lalu Lintas pada jalan dalam kota (*urban road management*).
- Manajemen Prioritas.
- Manajemen Angkutan Barang.
- Manajemen Permintaan (*Demand Management*) dan
- Manajemen Pejalan Kaki (*Pedestrian Management*).

7.2 Perlengkapan Dasar Manajemen Lalu Lintas

Penerapan manajemen lalu lintas sangat tergantung kepada prasarana yang harus tersedia seperti rambu dan marka yang merupakan salah satu pendukung keberhasilan manajemen lalu lintas:

7.2.1 Rambu

Perlengkapan jalan berupa lambang, huruf, angka, kalimat atau perpaduan diantaranya sebagai peringatan, larangan, perintah atau petunjuk bagi pemakai jalan.

- a. Rambu Peringatan: memberi petunjuk kepada pemakai jalan mengenai bahaya yang akan dihadapi serta sifat bahaya tersebut.
- b. Rambu larangan dan rambu perintah:
Memberi petunjuk yang harus dipatuhi pemakai jalan mengenai kewajiban, prioritas, batasan atau larangan
- c. Rambu Petunjuk
Memberi petunjuk kepada pemakai jalan mengenai arah, tempat dan informasi
- d. Papan Tambahan
Rambu ini dimasukkan untuk memberi penjelasan lebih lanjut dari suatu rambu yang berisi ketentuan waktu, jarak, jenis kendaraan dan ketentuan lain yang dipasang untuk melengkapi rambu lalu lintas jalan.
- e. Rambu Sementara
Rambu sementara adalah rambu lalu lintas jalan yang digunakan secara tidak permanen. Untuk pengaturan lalu lintas dalam keadaan darurat atau untuk sementara waktu.

7.2.2. Marka Jalan/Tanda Permukaan Jalan

Sebagian tanda jalan yang meliputi tanda garis membujur, melintang, kerucut lalu lintas serta lambang lainnya yang ditempatkan pada/di atas permukaan jalan.

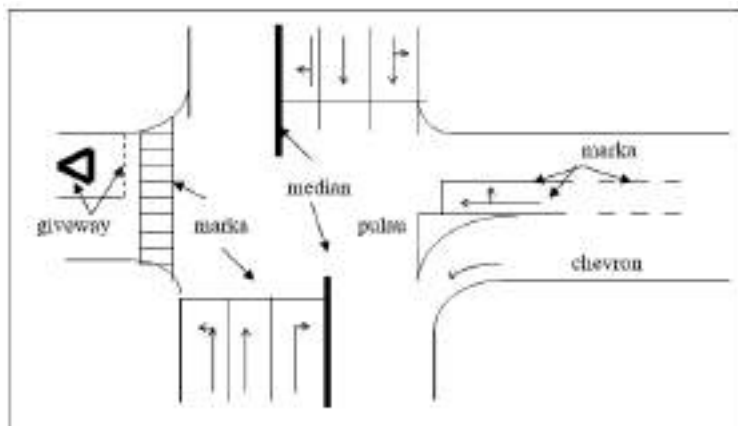
Tanda-tanda tersebut meliputi:

- Tanda Garis Membujur
Garis utuh atau putus-putus searah gerak arus lalu lintas
- Tanda Garis Melintang
Garis utuh/putus-putus yang tegak lurus garis membujur
- Tanda Garis Serong
Tidak termasuk garis membujur/melintang (contoh: Chevron)
- Tanda Lambang
Untuk melengkapi rambu atau/ lampu lalu lintas (giveaway)
- Kotak Persimpangan (yellow box)

Suatu daerah pada persimpangan yang dibatasi oleh tanda permukaan jalan berupa garis utuh yang menghubungkan batas-batas daerah yang dilengkapi garis serong membentuk kisi-kisi.

- Paku Jalan (Road Stud)
Tanda yang berbentuk paku dengan kepala paku berbentuk 4 segi panjang/bujur sangkar/setengah lingkaran yang dilengkapi/tidak dilengkapi dengan pemantul cahaya.

Beberapa contoh marka diperlihatkan dalam Gambar 7.1



Gambar 7.1 Beberapa jenis Marka Jalan

MARKA SUARA

1. Garis Suara (*Rumble Strip*)
Untuk memberi kejutan dengan suara apabila kendaraan keluar jalur lalu lintas ke bahu jalan.
2. Daerah Berderap (*Rumble Area*):

Digunakan sebagai kejutan berupa suara kepada pemakai jalan tentang adanya daerah yang cukup berbahaya dimuka jalan tersebut, untuk penurunan kecepatan, menyadarkan pengemudi karena mengantuk/situasi yang monoton.

3. Daerah Pengejut (*Jiggle Area*)

Untuk digunakan sebagai kejutan berupa getaran kepada pemakai jalan

4. Garis Pengejut (*Jiggle Bars*)

Kejutan berupa guncangan kecil

5. Punuk Jalan (*Road Hump*)

Untuk mengurangi kecepatan dan digunakan pada jalan lokal dengan kecepatan < 20 km/jam.

7.3 Manajemen Kapasitas Jalan

Tujuan dari manajemen kapasitas jalan yaitu untuk meningkatkan kapasitas jalan yang ada. Manajemen kapasitas jalan meliputi jaringan jalan yang mencakup ruas dan persimpangan jalan.

Tindakan manajemen persimpangan dan ruas jalan terdiri dari beberapa penanganan sebagai berikut:

1. Manajemen Persimpangan Jalan

Kapasitas persimpangan akan berpengaruh terhadap kelancaran pergerakan arus lalu lintas pada suatu jaringan. Banyak masalah pada persimpangan yang terjadi karena adanya konflik kendaraan yang bergerak terutama konflik kendaraan belok kanan dengan kendaraan lurus.

Pengaturan lalu lintas di persimpangan jalan meliputi::

a) Pengaturan Titik Konflik

- o Mengurangi tundaan
- o Memperbesar kapasitas simpang
- o Mengurangi kecelakaan

b) Koordinasi lampu lalu Lintas

Koordinasi lampu lalu lintas digunakan untuk menghubungkan 2 atau lebih lampu lalu lintas. Koordinasi ini dapat dilakukan pada satu jalan yang lurus atau pada suatu daerah tertentudengan tujuan untuk meminimalkan total tundaan.

2. Manajemen Ruas Jalan

Pengaturan lalu lintas di ruas jalan ditujukan agar kapasitas ruas jalan seefektif mungkin sehingga pergerakan lalulintas dapat berjalan dengan lancar. Beberapa tindakan yang dapat diambil berkaitan dengan pengaturan lalu lintas di ruas jalan yaitu:

- Pemisahan Tipe Kendaraan, misalnya dengan pembuatan lajur khusus untuk kendaraan berat yang berjalan lebih lambat
- Pengendalian Parkir, misalnya dengan pengaturan parkir menyudut atau paralel untuk parkir di badan jalan, larangan parkir pada jam-jam tertentu atau seluruh waktu atau penetapan tarif parkir progresif.
- Normalisasi Jalan, pelebaran jalan yang tidak memenuhi standar dan atau adanya peneympitan jalan (*bottle neck*)

7.4 Manajemen Prioritas

Manajemen prioritas adalah pengaturan lalu lintas dengan memprioritaskan pada suatu moda tertentu. Terdapat beberapa ukuran yang dapat dipakai untuk menentukan prioritas pemilihan moda transportasi, terutama kendaraan penumpang. Angkutan umum akan menggunakan prasarana yang ada secara lebih efisien dibandingkan dengan kendaraan pribadi terutama pada saat jam sibuk. Hal ini harus ditunjang dengan perbaikan pelayanan maupun sarana penunjang.

Beberapa tindakan peningkatan sarana penunjang meliputi:

- Jalur khusus bus
- Jalur bus
- Prioritas persimpangan

Jalur khusus bus dapat didesain searah dengan arus lalu lintas (*with flow*) atau berlawanan arah (*contra flow*).

Tujuan pemberian prioritas angkutan umum ini adalah untuk mengurangi waktu perjalanan dan membuat angkutan umum lebih menarik dibandingkan angkutan pribadi.

Jalur bus yaitu jalur yang disediakan untuk bus dan mempunyai *right of way* sendiri seperti jalan rel.

Prioritas bus dipersimpangan berlampu lalu lintas dilakukan dengan meletakkan detektor di bus yang akan memberikan sinyal elektronik dan akan diteruskan ke kontroler lampu lalu lintas sehingga memberikan fase hijau atau memperpanjang waktu hijau. Dengan prioritas ini tundaan bus di persimpangan akan berkurang.

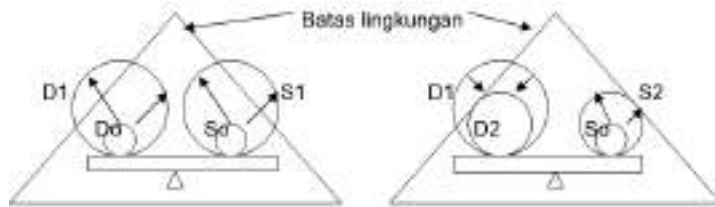
7.5 Manajemen Permintaan

Peningkatan permintaan transportasi tidak akan pernah dapat dipenuhi oleh prasarana transportasi. Hal ini disebabkan dengan peningkatan aksesibilitas maupun mobilitas maka akan merangsang kembali adanya peningkatan permintaan transportasi.

Pendekatan yang selama ini dilakukan adalah '*predict and provide*' yaitu perkiraan permintaan lalu lintas dan sediakan prasarana transportasi, hal ini menyebabkan ambang batas lingkungan/sosial sering terlampaui. Oleh karena itu pada saat ini timbul pendekatan baru yaitu '*predict and prevent*', pendekatan ini dapat diterapkan dengan cara manajemen permintaan (*Transport Demand Management*). Konsep Manajemen Permintaan dijelaskan dalam Gambar 3.2.

Beberapa kebijakan yang berkaitan dengan manajemen permintaan sbb:

- Kebijakan pergeseran waktu pada lokasi yang sama, misalnya jam masuk atau pulang kantor yang berbeda.
- Kebijakan pergeseran rute pada waktu yang sama, misalnya penerapan *road pricing*.
- Kebijakan pergerakan pada waktu dan lokasi yang sama dengan moda yang berbeda, misalnya menggunakan kendaraan yang berkapasitas besar seperti angkutan umum.
- Kebijakan pergeseran lokasi tujuan, misalnya dikembangkan kawasan primer yang lain selain yang sudah ada sekarang.



Gambar 7.2 Pendekatan *Predict and Provide* dan *Predict and Prevent*

RANGKUMAN

1. Manajemen lalulintas merupakan pengaturan sistim lalu lintas dan sistim prasarana jalan dengan menggunakan beberapa metode ataupun teknik rekayasa tertentu tanpa membangun jalan baru dalam usaha untuk mencapai tujuan tertentu yang berhubungan dengan masalah lalu lintas.
2. Tujuan manajemen lalu lintas adalah:
 - o Mendapatkan tingkat efisiensi dari pergerakan lalu lintas secara menyeluruh, sehingga tingkat aksesibilitas cukup tinggi
 - o Meningkatkan tingkat keselamatan
 - o Memperbaiki kondisi lingkungan
 - o Penggunaan energi yang lebih efisien
3. Kebijakan pelaksanaan manajemen lalu lintas yang meliputi pengaturan rute dan volume lalu lintas, pengaturan yang berkaitan dengan perilaku pengemudi, pengaturan yang berkaitan dengan keselamatan berlalu lintas dan pengaturan yang berkaitan dengan lingkungan.
4. Beberapa istilah manajemen lalulintas yang sering digunakan seperti Manajemen Lalu Lintas pada Daerah Lokal (*Local Area Traffic Management*), Manajemen Lalu Lintas pada jalan luar kota (*rural road management*), Manajemen Lalu Lintas pada jalan dalam kota (*urban road management*), Manajemen Prioritas, Manajemen Angkutan Barang, Manajemen Permintaan (*Demand Management*) dan Manajemen Pejalan Kaki (*Pedestrian Management*).
5. **Penerapan manajemen lalu lintas sangat tergantung kepada prasarana yang harus tersedia seperti rambu dan marka yang merupakan salah satu pendukung keberhasilan manajemen lalu lintas.**
6. Tujuan dari manajemen kapasitas jalan yaitu untuk meningkatkan kapasitas jalan yang ada.
7. Manajemen prioritas adalah pengaturan lalu lintas dengan memprioritaskan pada suatu moda tertentu. Manajemen prioritas adalah pengaturan lalu lintas dengan memprioritaskan pada suatu moda tertentu.
8. Beberapa kebijakan yang berkaitan dengan manajemen permintaan yaitu kebijakan pergeseran waktu pada lokasi yang sama, kebijakan pergeseran rute pada waktu yang sama, kebijakan pergerakan pada waktu dan lokasi yang sama dengan moda yang berbeda, kebijakan pergeseran lokasi tujuan.

Untuk lebih memahami materi bab ini, silahkan jawab pertanyaan sebagai berikut :

- Apa yang dimaksud dengan manajemen lalu lintas?
- Apa tujuan manajemen lalu lintas? Jelaskan!
- Apa yang dimaksud *Local Area Traffic Management*?
- Bagaimana pendapat anda tentang pengaturan sistim 1 arah di beberapa ruas jalan di kota anda?
- Mengapa rambu dan marka disebut perlengkapan dasar manajemen lalu lintas?
- Apa yang dimaksud dengan pendekatan *predict and provide*? Jelaskan!
- Apa yang dimaksud dengan pendekatan *predict and prevent*? Jelaskan!
- Apa yang dimaksud dengan manajemen permintaan?

Daftar Pustaka

1. Dit. Jend. Pendidikan Tinggi Dep. Pendidikan Dan Kebudayaan, (1998), *Rekayasa Lalu Lintas*, Penataran Dosen PTS Angkatan I, Cisarua Bogor
2. Garber, N.J and Hoel, L.A., (1988), *Traffic and Highway Engineering*, St. Paul: West Publishing Company
3. Mc. Shane W.R. and Roess R.P., (1990), *Traffic Engineering*, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
4. Tamin, O.Z., 2003, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi-Contoh Soal dan Aplikasi*, ITB Bandung.

8 KESELAMATAN LALU LINTAS

Setelah mempelajari ini diharapkan mahasiswa dapat mengetahui prinsip-prinsip keselamatan lalulintas

8.1 Keselamatan Lalulintas dan Angkutan Jalan

Berdasar Undang Undang Republik Indonesia No. 22 tahun 2009 pasal 1 ayat 31 tentang Lalulintas dan Angkutan Jalan, keselamatan lalulintas adalah “suatu keadaan terhindarnya setiap orang dari risiko kecelakaan selama berlalulintas yang disebabkan oleh manusia, kendaraan, jalan dan / atau lingkungan”. Masalah keselamatan lalulintas di jalan tidak hanya terbatas pada ada tidaknya kecelakaan lalulintas, namun menjadi lebih luas yaitu agar terciptanya lingkungan yang aman dan nyaman bagi pengguna jalan. Keselamatan transportasi jalan saat ini sudah merupakan masalah global yang bukan semata-mata masalah transportasi saja tetapi sudah menjadi permasalahan sosial kemasyarakatan. Hal tersebut terlihat dari kepedulian World Health Organization terhadap keselamatan transportasi jalan dengan dicanangkannya Hari Keselamatan Dunia Tahun 2004 dengan tema Keselamatan Jalan adalah Tanpa Kecelakaan (WHO, 2004).

Salah satu permasalahan penting di Indonesia ialah keberadaan kendaraan bermotor yang mengalami pertumbuhan yang cukup besar, dari tahun 2003 sampai tahun 2012 tercatat pertumbuhan rata-rata 15,23% per tahun (BPS, 2012). Tahun 2003 terdapat kendaraan bermotor sebanyak 26.613.987 kendaraan dan meningkat menjadi 94.373.324 kendaraan di tahun 2012, selama 10 tahun ini kendaraan bermotor mengalami kenaikan sebesar 254,60%. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor ini juga berakibat pada peningkatan jumlah kecelakaan lalulintas.

Berdasarkan laporan yang dikeluarkan oleh kepolisian, Indonesia memiliki masalah kecelakaan lalulintas yang serius, pada tahun 2010 jumlah kematian akibat kecelakaan telah mencapai 31.234 jiwa, yang artinya dalam setiap 1 jam terdapat sekitar 3 – 4 orang meninggal akibat kecelakaan lalu lintas jalan. Secara nasional, kerugian akibat kecelakaan lalu lintas jalan diperkirakan mencapai 2,9 – 3,1 % dari total PDB Indonesia (RUNK,2011). Memperhatikan hal tersebut, keselamatan jalan sudah sewajarnya menjadi prioritas nasional yang mendesak untuk segera diperbaiki.

Beberapa sektor yang dapat diintervensi untuk meningkatkan keselamatan lalulintas diperlihatkan dalam Gambar 8.1. Intervensi dilakukan dalam lima belas sektor dan dikelompokkan dalam prinsip pendekatan teknik, pendidikan, penggalakan dan penggalangan, penegakan, dan tanggap darurat (Dephub, 2008).

Pilar-5: Penanganan Korban Pasca Kecelakaan, bertanggung jawab untuk meningkatkan penanganan tanggap darurat pasca kecelakaan dengan meningkatkan kemampuan pemangku kepentingan terkait, baik dari sisi system ketanggapdaruratan maupun penanganan korban termasuk di dalamnya melakukan rehabilitasi jangka panjang untuk korban kecelakaan.

8.2 Prinsip Keselamatan Lalulintas

Jalan didesain dengan tujuan menjaga kendaraan tetap berada pada jalurnya dengan selamat. Mengingat hal tersebut maka sangatlah penting untuk selalu memastikan bahwa seluruh komponen jalan dapat berfungsi sesuai yang direncanakan dan memenuhi fungsi keselamatan bagi penggunaannya.

Jalan yang berkeselamatan adalah suatu jalan yang didesain dan dioperasikan sedemikian rupa sehingga jalan tersebut:

- mengakomodir kesalahan pengendara pada saat mengemudikan kendaraannya
- memberikan peringatan, larangan, perintah dan petunjuk bagi pemakai jalan untuk berbagai kondisi yang akan dijumpai

Tiga prinsip utama berkaitan dengan jalan yang berkeselamatan, yaitu:

- **Self explaining:** infrastruktur jalan yang mampu memandu pengguna jalan – tanpa komunikasi
- **Self enforcing:** infrastruktur jalan yang mampu menciptakan kepatuhan – tanpa peringatan
- **Forgiving road:** infrastruktur jalan yang mampu meminimalisir kesalahan pengguna jalan – meminimalisir tingkat keparahan korban

8.3 Studi Biaya Kecelakaan Lalulintas di Indonesia

Biaya kecelakaan lalulintas merupakan salah satu sektor yang dapat diintervensi. Biaya kecelakaan tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan kerugian yang terjadi. Dengan bertambahnya jumlah kecelakaan lalulintas, penting sekali dilakukan pendanaan yang memadai untuk menangani masalah yang ada. Tanpa adanya perkiraan isu ekonomi yang berkaitan dengan kecelakaan, sulit untuk mengidentifikasi dana yang harus diinvestasi setiap tahunnya untuk penanganan keselamatan jalan. Penilaian biaya kecelakaan diperlukan pada tingkat perencanaan untuk menjamin bahwa keselamatan diberi prioritas yang memadai.

Beberapa metode dapat digunakan dalam menghitung biaya kecelakaan lalulintas (TRL, 1995), yaitu Metode Pendekatan Nilai Bersih, Metode Pendekatan Asuransi Jiwa, Metode Pendekatan Keputusan Peradilan, Metode Pendekatan Pengeluaran Sektor Publik, Metode Pendekatan Kesiediaan untuk Membayar, dan Metode Pendekatan Nilai Kotor. Pemilihan metode tersebut didasarkan atas tingkat kesulitan dalam mencari data yang akan digunakan. Setiap metode mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam implementasinya. Pendekatan Nilai Bersih dapat mengetahui besarnya nilai bersih dari sumber daya, namun sulit menggambarkan perhitungan konsumsi di masa yang akan datang. Pendekatan Asuransi Jiwa memang dapat mengetahui biaya kecelakaan dari nilai orang yang mengasuransikan jiwanya, namun di Indonesia hanya sedikit populasi yang memiliki asuransi jiwa (Depkimpraswil, 2005).

Metode pendekatan keputusan pengadilan sulit diterapkan karena dapat mengandung nilai multi interpretasi. Pendekatan Pengeluaran Sektor Publik, yaitu pendekatan dengan menghitung seluruh biaya yang dikeluarkan oleh sektor publik dalam rangka mencegah terjadinya kecelakaan, namun sangat memungkinkan terjadinya kesalahan pengalokasian sumber daya. Pendekatan Nilai Kotor dapat menghitung nilai seluruh sumber daya yang hilang dari semua pihak akibat kecelakaan, dan kekurangannya adalah tidak mengakomodasikan kompensasi akibat rasa sakit, takut dan penderitaan (TRL, 1995).

Pada tahun 1970-an TRL-UK menggunakan metode Pendekatan Nilai Bersih namun selanjutnya merekomendasikan untuk menggunakan pendekatan Nilai Kotor (TRL,1997). Pendekatan Kesiediaan Membayar mempunyai teknik yang cukup rumit dalam penilaian, namun dapat memaksimalkan kesejahteraan sosial. Mohan (2002) menyatakan bahwa rasa sakit, penderitaan, dan kehilangan kualitas hidup akibat kecelakaan lalu lintas lebih baik dinilai melalui pendekatan ekonomi yang disebut dengan pendekatan Kesiediaan Membayar.

Saat ini Indonesia menggunakan pendekatan yang dipakai untuk menentukan biaya satuan adalah *The Gross Output (Human Capital) Approach* berdasarkan metode Depkimpraswil 2005. Metode perhitungan satuan biaya kecelakaan lalu lintas dengan pendekatan *The Gross Output* atau *Human Capital* merupakan metode yang sederhana dan terdiri atas dua biaya utama, yaitu biaya yang dihitung karena adanya kerugian langsung (*direct cost*) dan biaya yang dihitung sebagai kerugian atau hilangnya pendapatan korban kecelakaan lalu lintas (*indirect cost*). Kerugian langsung terdiri atas 3 komponen biaya, yaitu biaya perbaikan dan penggantian kerusakan kendaraan dan atau materi, biaya perawatan korban, dan biaya penanganan administrasi kecelakaan.

Biaya perbaikan dan penggantian kerusakan kendaraan dan atau materi diperoleh melalui survai tentang biaya perbaikan kendaraan akibat kecelakaan lalu lintas di tempat perbaikan kendaraan (bengkel). Biaya tersebut dikumpulkan untuk perbaikan kendaraan yang terlibat pada setiap kelas kecelakaan (fatal, berat, ringan, kerugian material).

Biaya perawatan korban diperoleh melalui informasi yang ada pada rekaman medis rumah sakit. Untuk mengetahui kategori korban, maka harus diketahui lama perawatan korban di rumah sakit. Disamping itu diperlukan juga informasi tentang lama waktu istirahat yang diperlukan sejak dirawat sampai dengan korban dapat melakukan aktifitas atau bekerja kembali. Data ini digunakan untuk menghitung waktu produktif yang hilang.

Biaya penanganan dan administrasi kecelakaan diperoleh melalui wawancara atau pengumpulan data di kepolisian setempat. Biaya ini antara lain meliputi biaya penanganan di tempat kejadian perkara (TKP), biaya pengolahan TKP, biaya penyidikan perkara, dan biaya penelitian penyebab kecelakaan lalu lintas. Informasi biaya-biaya tersebut dikumpulkan untuk setiap kelas kecelakaan (fatal, berat, ringan, kerugian material).

Nilai produktifitas korban kecelakaan lalu lintas dihitung berdasarkan lama waktu korban kecelakaan tidak dapat berproduksi dan tingkat pendapatan rata-rata masyarakat (nilai produktifitas). Untuk korban mati, lama waktu tidak berproduksi diasumsikan berdasarkan

selisih antara rata-rata usia harapan hidup (BPS) dan rata-rata usia korban mati akibat kecelakaan (POLRI). Sedangkan nilai produktifitas dapat dihitung berdasarkan PDRB per kapita (BPS).

Tahun dasar perhitungan biaya-biaya yang digunakan adalah tahun 2003 (T_0) karena survei biaya dilakukan pada tahun tersebut. Untuk mengestimasi biaya satuan pada tahun perhitungan tertentu, biaya-biaya satuan yang dapat digunakan dalam perhitungan adalah biaya kecelakaan dalam periode 10 tahun kedepan. Perhitungan biaya kecelakaan pada suatu ruas jalan, persimpangan atau wilayah dilakukan berdasarkan klasifikasi kecelakaan, sedangkan perhitungan biaya korban kecelakaan pada suatu ruas jalan, persimpangan atau suatu wilayah dilakukan berdasarkan kategori korban kecelakaan.

8.3.1 Biaya Korban Kecelakaan dan Biaya Kecelakaan Lalulintas Metode *Human Capital*

Biaya satuan korban kecelakaan lalulintas ($BSKO_j$) adalah biaya yang diperlukan untuk perawatan korban kecelakaan lalulintas untuk setiap tingkat kategori korban, sedangkan T_0 adalah tahun dasar perhitungan biaya, yaitu tahun 2003. Besar biaya satuan korban kecelakaan lalulintas pada tahun 2003, $BSKO_j(T_0)$, dapat diambil dari Tabel 8.1.

Tabel 8.1 Biaya Satuan Korban Kecelakaan Lalulintas

No.	Kategori korban	Biaya Satuan Korban (Rp/korban)
1.	Korban mati	119.016.000
2.	Korban luka berat	5.826.000
3.	Korban luka ringan	1.045.000

Sumber: Depkimpraswil, 2004

Biaya satuan kecelakaan lalulintas ($BSKE_i$) adalah biaya kecelakaan lalulintas yang diakibatkan oleh suatu kejadian kecelakaan lalulintas untuk setiap kelas kecelakaan lalulintas. Biaya satuan kecelakaan lalulintas $BSKE_i(T_0)$ pada tahun dasar 2003 untuk jalan antar kota dapat diambil dari Tabel 8.2.

Tabel 8.2 Biaya Satuan Kecelakaan Lalulintas

No.	Klasifikasi Kecelakaan	Biaya satuan Kecelakaan (Rp/Kecelakaan)
1.	Fatal	224.541.000
2.	Berat	22.221.000
3.	Ringan	9.847.000
4.	Kerugian Harta Benda	8.589.000

Sumber: Depkimpraswil, 2004

8.3.2 Biaya Kecelakaan Metode *Willingness to Pay*

Beberapa metode dapat digunakan untuk mendapatkan perkiraan *willingness to pay* (WTP). Karenanya untuk nilai pengurangan kecelakaan digunakan eksperimen *Stated Choice* (SC) dimana secara sistematis responden memilih pilihan yang bervariasi dari masing-masing kombinasi tingkat atribut (Hensher, 2003). Melalui eksperimen SC dapat diamati contoh responden membuat pilihan antara atribut perjalanan saat ini dan atribut lainnya. Pendekatan ini merupakan metode yang baik yang mampu memisahkan kontribusi parameter

independen, seperti komponen biaya dan perbedaan kualitas perlengkapan keselamatan jalan. Untuk mendapatkan nilai WTP sering digunakan model utilitas. Model utilitas (V) responden dalam memilih jalan nontol dan jalan tol diperlihatkan pada persamaan 8.1 sampai persamaan 8.8 (Prasetyanto dan Elkhasset, 2014).

Kota Bandung:

$$V_{JNT} = -0,937 - 0,0203 \times WAKTU_{JNT} - 0,288 \times FATAL_{JNT} - 0,0000863 \times BIAYA_{JNT} \quad (8.1)$$

$$V_{JT} = -0,0203 \times WAKTU_{JT} - 0,288 \times FATAL_{JT} - 0,0000863 \times BIAYA_{JT} \quad (8.2)$$

Kota Semarang:

$$V_{JNT} = -0,826 - 0,0163 \times WAKTU_{JNT} - 0,358 \times FATAL_{JNT} - 0,000103 \times BIAYA_{JNT} \quad (8.3)$$

$$V_{JT} = -0,0163 \times WAKTU_{JT} - 0,358 \times FATAL_{JT} - 0,000103 \times BIAYA_{JT} \quad (8.4)$$

Kota Yogyakarta:

$$V_{JNT} = -0,719 - 0,0209 \times WAKTU_{JNT} - 0,286 \times FATAL_{JNT} - 0,0000835 \times BIAYA_{JNT} \quad (8.5)$$

$$V_{JT} = -0,0209 \times WAKTU_{JT} - 0,286 \times FATAL_{JT} - 0,0000835 \times BIAYA_{JT} \quad (8.6)$$

Kota Surabaya:

$$V_{JNT} = -0,726 - 0,0197 \times WAKTU_{JNT} - 0,398 \times FATAL_{JNT} - 0,000116 \times BIAYA_{JNT} \quad (8.7)$$

$$V_{JT} = -0,0197 \times WAKTU_{JT} - 0,398 \times FATAL_{JT} - 0,000116 \times BIAYA_{JT} \quad (8.8)$$

Besaran nilai WTP untuk Kota Bandung diperoleh dari pembagian nilai beta korban meninggal sebesar 0,288 dibagi dengan nilai beta biaya sebesar 0,0000863. Berdasarkan perbandingan tersebut diperoleh nilai WTP sebesar Rp. 3.337,- WTP ini dikaitkan dengan berkurangnya risiko korban meninggal yang merupakan rata-rata kesediaan membayar per orang per trip atau kesediaan membayar per orang per satu kali perjalanan. Dengan cara yang sama secara berurutan untuk Kota Semarang, Yogyakarta, dan Surabaya diperoleh nilai WTP sebesar Rp. 3.476; Rp. 3.425; dan Rp. 3.431. Dari hasil tersebut terlihat bahwa Kota Bandung memiliki nilai WTP yang paling rendah dibandingkan dengan kota-kota lain, sedangkan nilai WTP tertinggi diperoleh di Kota Semarang. Perbedaan nilai ini dimungkinkan karena perbedaan persepsi penggunaan jalan tol di 4 kota tersebut. Responden kota Bandung beranggapan karena seringnya melalui jalan tol, maka tingkat kepuasan penggunaan jalan tol tersebut lebih rendah, sehingga WTP yang diperoleh juga lebih rendah dari kota yang lain.

8.4 Prioritas Indikator Kinerja Keselamatan Lalulintas

8.4.1 Keselamatan Lalulintas Berkelanjutan

Keselamatan Berkelanjutan adalah pendekatan integral sistem lalulintas yang merupakan pendekatan terintegrasi dari manusia sebagai pengguna jalan, kendaraan, jalan dan lingkungan (Wegman and Aarts, 2006). Perancangan kendaraan dan jalan harus disesuaikan dengan kemampuan manusia, serta harus mampu memberi perlindungan bagi manusia. Pendidikan berlalulintas diperlukan dan harus dipersiapkan bagi seseorang ketika akan menjadi bagian dari komponen lalulintas. Filosofi dalam keselamatan lalulintas berkelanjutan menyatakan bahwa perancangan kendaraan dan jalan harus didasarkan atas keterbatasan manusia (Turner, 2009). Berdasarkan filosofi ini maka telah dilakukan

pengembangan program keselamatan lalulintas berkelanjutan di beberapa negara. Swedia mengembangkan konsep yang disebut dengan *Vision Zero*, sedangkan di Belanda dikembangkan konsep yang disebut keselamatan berkelanjutan. Di Australia sistem rencana strategis keselamatan jalan ini disebut dengan nama *Safe System*.

European Commission (2005) menyatakan model sistem keselamatan jalan meletakkan Indikator Kinerja Keselamatan (IKK) jalan pada *Intermediate Outcomes*. Secara umum bentuk model mengikuti logika berpikir yang bergerak dari bawah ke atas. Sebagai target, IKK memberikan gambaran tingkatan keselamatan jalan. IKK digunakan untuk melakukan tindakan penanganan keselamatan secara tepat sasaran, karena IKK menjelaskan proses/penyebab terjadinya kecelakaan (Khorasani, 2013). Agar supaya gambaran tiap-tiap komponen pada tingkatan yang berbeda dapat dipahami dengan jelas maka akan lebih mudah jika dilihat dari tingkatan yang lain. Model tidak selalu terikat dengan bentuk piramid, namun piramid hanya memperlihatkan bentuk saling ketergantungan antara tingkatan dalam satu sistem. Gambar 8.2 memperlihatkan tingkatan keselamatan jalan.



Gambar 8.2 Tingkatan Keselamatan Jalan (EC, 2005)

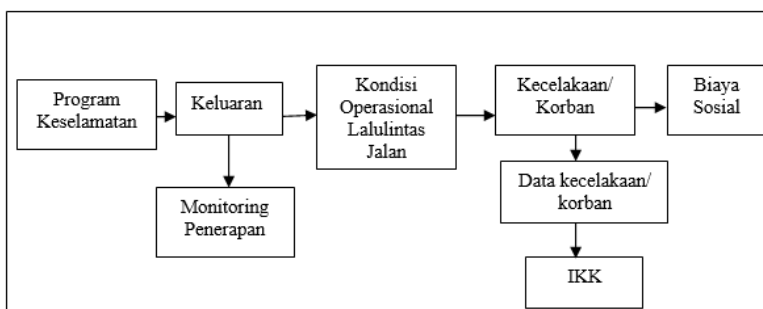
Biaya sosial yang terletak paling atas menggambarkan besarnya nilai uang yang dikeluarkan akibat kejadian pada tahapan *finaloutcomes* berupa adanya korban/kecelakaan lalulintas. Tingkatan yang terletak di bawah *Final Outcomes* yaitu *Intermediate Outcomes*. Kecelakaan lalulintas sering terjadi karena kurang baiknya kondisi operasional lalulintas jalan. *Intermediate outcomes* menyatakan kondisi operasional lalulintas yang merupakan penyebab terjadinya kecelakaan lalulintas maupun korban kecelakaan. Kondisi operasional dikaitkan pada kondisi tidak saja sebelum tabrakan namun dapat juga terjadi berhubungan dengan tabrakan atau berhubungan dengan kejadian setelah tabrakan. Intervensi atau tindakan penanganan keselamatan jalan dimaksudkan untuk mempengaruhi kondisi operasional lalulintas jalan, karena itu diperlukan pemahaman proses terjadinya kecelakaan lalulintas agar dapat diidentifikasi akar masalah terjadi. Jika masalah telah dapat diidentifikasi maka tindakan penanganan dapat dipilih. Sebagai contoh adalah pemasangan alat pengendali kecepatan lalulintas yang merupakan tindakan atau program keselamatan jalan. Hasil dari pemasangan alat tersebut yaitu adanya perbaikan kondisi operasional

lalulintas jalan, berupa pengurangan jumlah kendaraan yang mengebut, sehingga menyebabkan berkurangnya jumlah kecelakaan. Dengan berkurangnya jumlah kecelakaan maka akan mengurangi jumlah biaya yang dikeluarkan.

Berdasarkan pemahaman tersebut maka IKK merupakan indikator yang mencerminkan kondisi operasional jalan yang berpengaruh terhadap keselamatan lalulintas (Gitelman, 2014). Gambar 8.3 memperlihatkan keterkaitan antar komponen dalam kebijakan keselamatan jalan. Gambar tersebut juga memperlihatkan kedudukan IKK sebagai hasil dari kondisi operasional jalan.

8.4.2 Hirarki Indikator Kinerja

Penanganan keselamatan lalulintas memerlukan pengumpulan data yang komprehensif dan analisis data yang mendalam. Analisis menyeluruh dan mendalam merupakan hal yang utama dalam perancangan strategi keselamatan lalulintas.



Gambar 8.3 Komponen Keselamatan Jalan (European Commission, 2005)

Pengembangan pengumpulan data dalam batasan indikator kinerja keselamatan lalulintas mencakup lima hal (Shen, 2009), yaitu Keluaran Akhir (seperti meninggal dunia dan luka berat), Pengukuran Eksposur (seperti jumlah kepemilikan SIM, jarak perjalanan, dan jumlah penduduk), Keluaran Antara (meliputi kecepatan rata-rata lalulintas, penggunaan sabuk pengaman, pengemudi yang menggunakan obat atau mabuk selama mengemudi), Kebijakan Institusional (termasuk beberapa usaha pengawasan), Biaya Sosio Ekonomi (termasuk biaya akibat trauma karena kecelakaan lalulintas)

Terdapat empat indikator yang biasa digunakan (Shen, 2009) yaitu Indikator Keluaran Akhir (misal jumlah korban meninggal per juta penduduk), Indikator Kinerja Keselamatan (misal tingkat penggunaan sabuk pengaman), Indikator Kinerja Kebijakan (misal target keselamatan nasional), Indikator Struktur dan Budaya (meliputi jumlah penumpang kendaraan per 1000 penduduk). Tabel 8.3 memperlihatkan struktur hirarki indikator keselamatan lalulintas. Struktur IKK semacam ini sering disebut sebagai struktur tradisional (Akaateba, 2012).

- Metode Keputusan Peradilan,
 - Metode Pengeluaran Sektor Publik,
 - Metode Kesediaan untuk Membayar, dan
 - Metode Pendekatan Nilai Kotor.
- Manusia merupakan faktor utama penyebab kecelakaan dalam penentuan indikator kinerja keselamatan lalulintas diikuti oleh faktor jalan, kendaraan, dan lingkungan.

Untuk lebih memahami materi bab ini, silahkan jawab pertanyaan sebagai berikut:

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan masing-masing pilar Rencana Umum Nasional Keselamatan!
2. Jelaskan contoh penerapan self explaining, self enforcing, dan forgiving road!
3. Jelaskan mengapa biaya kecelakaan lalulintas perlu diketahui dengan pasti!
4. Apa yang dimaksud dengan indikator kinerja keselamatan lalulintas? Jelaskan!
5. Jelaskan faktor utama terjadinya kecelakaan lalulintas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Perhubungan, 2008a, *Kajian Dampak Pertumbuhan dan Pemberdayaan Kendaraan Roda 2 (Sepeda Motor)*, Jakarta.
2. Departemen Perhubungan, 2008b, *Penyusunan Profile Kinerja Keselamatan Transportasi Darat*, Jakarta.
3. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2005, *Perhitungan Besaran Biaya Kecelakaan Lalulintas dengan Menggunakan Metode The Gross Output (Human Capital) Pd T-02-2005-B*, Jakarta.
4. Hensher, D.A. and Sullivan, C., 2003, *Willingness to Pay for Road Curviness and Road Type*, Transportation Research Part D 8, p. 139-155.
5. Mohan, D., 2002, *Social Cost of Road Traffic Crashes in India*, Proceedings First Safe Community Conference on Cost of Injury, p. 33 – 38.
6. Prasetyanto, D. dan Elkhasset, 2014, *Perkiraan Willingness to Pay Pengguna Mobil Penumpang Untuk Mengurangi Risiko Kecelakaan Lalulintas*, Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil, Bandung
7. Prasetyanto, D., Hamdhan, IN., Triana, S., 2017, *Model Pengembangan Indikator Kinerja Keselamatan Lalulintas untuk Mendukung Program Keselamatan Lalulintas Berkelanjutan di Indonesia*, Laporan Penelitian Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi-Litabmas Ristekdikti, Bandung.
8. Transport Research Laboratory (TRL) and Overseas Development Administration (ODA), 1995, *Overseas Road Note 10: Costing Road Accident In Developing Countries*, Overseas Centre, TRL, Berkshire.
9. World Health Organization, 2004, *World Report on Road Traffic Injury Prevention*, Geneva.



Jl. PKH. Mustapha No.23, Bandung 40124
Telp. +62 22 7272215, Fax. +62 22 7202882
e-mail: penerbit@itenas.co.id

ISBN 978-602-53531-4-3

