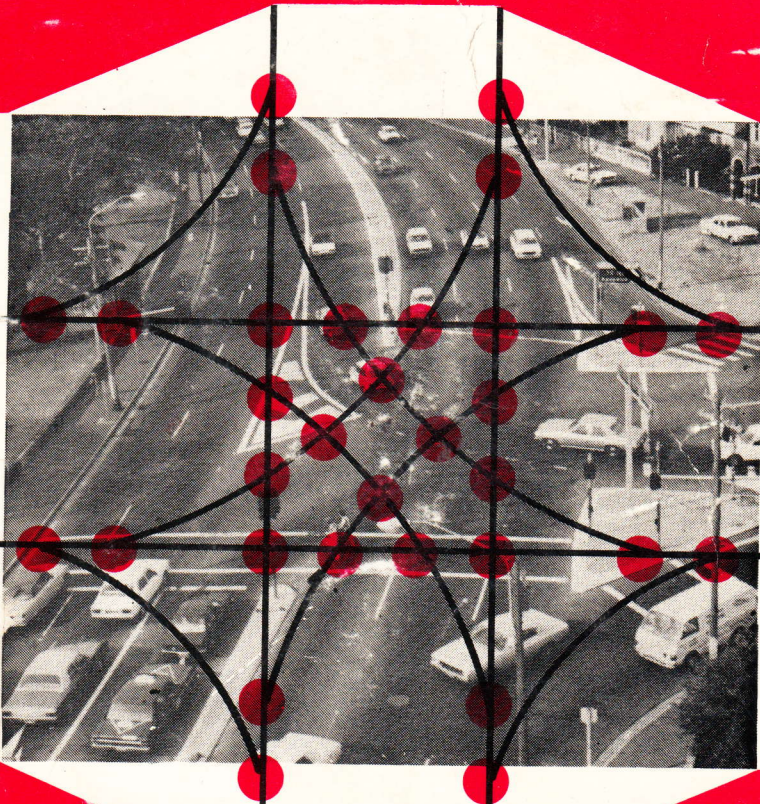


G.R. WELLS

# rekayasa LALU-LINTAS



NASIONAL  
TIMUR

041  
L

*Teknokrat*

388.041

WEL

r<sub>g</sub>

# **REKAYASA LALU LINTAS**

**Oleh:**  
**G.R. Wells**

**Penerjemah**  
**Ir. Suwardjoko Warpani**



1993

**PENERBIT BHRATARA — JAKARTA**

Judul Asli *Traffic Engineering, an Introduction*

G.R. Wells

C. Eng. M.I.C.E., M.I.H.E., F.S.S.

© 1969, Griffin, London

Hak cipta edisi bahasa Indonesia yang dilindungi Undang-undang  
pada Pt Bhrtara Niaga Media  
Hak penerbitan pada PT Bhrtara Niaga Media, Jakarta

ISBN 979 - 410 - 034 - X

Cetakan pertama 1985

Cetakan kedua 1988

Cetakan Ketiga | 1993

Dilarang memperbanyak dan atau menyebarluaskan buku ini seluruh atau sebagian dengan cara menjiplak, mencetak, memfotokopi dan membajak atau dengan cara lain tanpa izin tertulis dari Penerbit Bhrtara.

Bagi yang melakukan pelanggaran ini akan dikenakan hukuman sesuai dengan Undang-Undang yang berlaku.

## PRAKATA

Lalu lintas di kota-kota besar di Indonesia sudah menunjukkan akibat yang sering tidak diinginkan, baik oleh anggota masyarakat luas maupun oleh para perencana dan penentu kebijaksanaan (pemerintah). Oleh karena itu, penanganan masalah itu sudah tidak dapat ditunda-tunda lagi.

Dalam rangka membina calon-calon tenaga ahli di bidang peralulintasan maupun ahli perangkutan diperlukan bahan pokok berupa buku-buku pelajaran yang memadai jumlah dan mutunya. Namun, buku-buku yang dibutuhkan itu belum banyak yang bersumber dari dalam negeri. Yang barangkali sudah agak banyak adalah hasil penelitian dan laporan-laporan yang tidak tersebar luas.

Untuk menambah khasanah ilmu yang mudah dicerna dan diharapkan lebih dapat tersebar luas, maka saya memberanikan diri menerjemahkan buku ini yang saya pandang sebagai bahan pokok bagi para peneliti. Mudah-mudahan usaha ini mempunyai arti.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada G.R. Wells yang telah mengizinkan bukunya saya terjemahkan ke dalam bahasa Indonesia. Ucapan terima kasih saya sampaikan pula kepada Nona Mia yang telah banyak membantu dalam penyelesaian terjemahan buku ini; demikian pula kepada Saudara Heri dan Saudara Dedi, dari jurusan Teknik Planologi - ITB.

Dalam menggunakan buku ini tak boleh dilupakan bahwa banyak hal yang hanya sesuai bagi negara beriklim empat musim, dan belum tentu sesuai bagi Indonesia yang beriklim dua musim. Perbedaan ini jelas berpengaruh atas pola peralulintasannya.

Suwardjoko Warpani

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar	v
I. Pendahuluan	1
Apakah teknik lalu lintas itu? Persoalan lalu lintas. Tiga kemungkinan penanggulangan. Aspek-aspek persoalan. Penanggulangan persoalan.	
II. Survei Lalu Lintas - Arus Lalu Lintas	9
Penghitungan tangan. Penghitungan mekanis. Teknik pemasangan (instalasi). Fluktuasi lalu lintas. Macam perhitungan. Survei asal dan tujuan. Wawancara pinggir jalan. Survei kartu pos. Pengamatan nomor kendaraan. Sistem tempel. Wawancara rumah tangga. Penyajian. Satuan mobil penumpang. Ringkasan.	
III. Survei Lalu Lintas - Kecepatan dan Pertundaan	32
Kecepatan yang mana? Pengukuran kecepatan sesaat. Pengukuran kecepatan perjalanan dan kecepatan gerak. Cara pengamat bergerak. Pertundaan. Penghitungan gerak belok. Ringkasan.	
IV. Survei Lalu Lintas - Parkir	47
Akibat parkir. Inventarisasi pelataran parkir. Teiaah penggunaan parkir. Alasan kebutuhan parkir. Menentukan kebutuhan parkir. Penilaian persentase kebutuhan parkir. Ringkasan.	
V. Pengendalian Lalu Lintas - Arus Lalu Lintas	59
Kapasitas. Derajat pelayanan. Pengelolaan lalu lintas. Sistem satu arah dan arus pasang. Peraturan parkir. Tanda-tanda jalan. Rambu-rambu. Ringkasan.	

VI. Pengaturan Lalu Lintas - pada Persimpangan	71
Dilarang belok kanan. Semboyan lalu lintas. Lampu lalu lintas waktu tetap. Lampu lalu lintas diatur kendaraan. Beberapa definisi. Lalu lintas membelok. Tata kerja semboyan lain. Penghitungan semboyan lalu lintas. Contoh. Tundaan pada lampu lalu lintas. Lampu lalu lintas terpadu. Ringkasan.	
VII. Pengendalian Lalu Lintas - Parkir	86
Parkir menyudut atau sejajar? Biaya parkir. Di mana parkir diatur? Metode pengaturan parkir. Pembatasan waktu. Meteran parkir. Piringan parkir. Ringkasan.	
VIII. Rancangan Lalu Lintas - Arus Lalu Lintas	94
Dua puluh tahun ke depan. Identifikasi lalu lintas alternatif. Pembebanan lalu lintas. Teknik pembebanan. Penghitungan pembebanan. Penghitungan pertumbuhan. Lalu lintas bangkitan. Model lalu lintas. Rancangan geometri penjajaran horisontal. Penjajaran vertikal. Sistem jalan baru. Ringkasan.	
IX. Rancangan Lalu Lintas - pada Persimpangan	114
Pulau lalu lintas. Bundaran lalu lintas. Perhitungan bundaran. Jalan silang layang. Rancangan simpangan susun. Terminal keluar. Terminal masuk. Landaian atau jalan selipan. Bundaran bertingkat. Ringkasan.	
X. Rancangan Lalu Lintas - Parkir	128
Parkir oleh pelanggan atau petugas parkir dan parkir? Pelataran parkir atau garasi susun? Daerah fasilitas parkir. Bangunan parkir bersusun. Ruang cadangan. Penempatan fasilitas parkir. Ringkasan.	
XI. Keselamatan Lalu Lintas - Kecelakaan	135
Faktor-faktor kecelakaan. Kecelakaan karena rancangan jalan. Pencatatan kecelakaan. Laju kecelakaan. Ringkasan.	
XII. Elemen Statistik dalam Teknik Lalu Lintas	144
Menggarap kumpulan data. Angka rata-rata. Pe-	

nyimpangan baku. Pembakuan deviasi standar.  
Pengujian makna perbaikan lalu lintas. Pengujian  
"Chi - kuadrat". Ringkasan.

155

Indeks

## BAB I PENDAHULUAN

### *Apakah Teknik Lalu Lintas Itu?*

Teknik lalu lintas adalah suatu disiplin yang relatif baru dalam bidang teknik sipil. Apakah makna istilah ini? "Induk" kelembagaan teknik sipil mendefinisikan teknik lalu lintas sebagai berikut.

Bagian teknik yang terdiri atas perencanaan lalu lintas dan rancangan jalan, pengembangan sisi jalan - bagian depan bangunan yang berbatasan dengan jalan (pen.)- fasilitas parkir, pengendalian lalu lintas agar aman dan nyaman serta murah bagi gerak pejalan maupun kendaraan.

Di Amerika, tempat persoalan lalu lintas lebih menonjol daripada di Inggris, "teknik lalu lintas" telah digunakan sejak 1920-an dan suatu Lembaga perlalulintasan (*Institute of Traffic Engineers*) telah didirikan pada awal tahun 1930-an. Di Inggris, Lembaga Insinyur Sipil baru menerima definisi teknik lalu lintas itu pada tahun 1959.

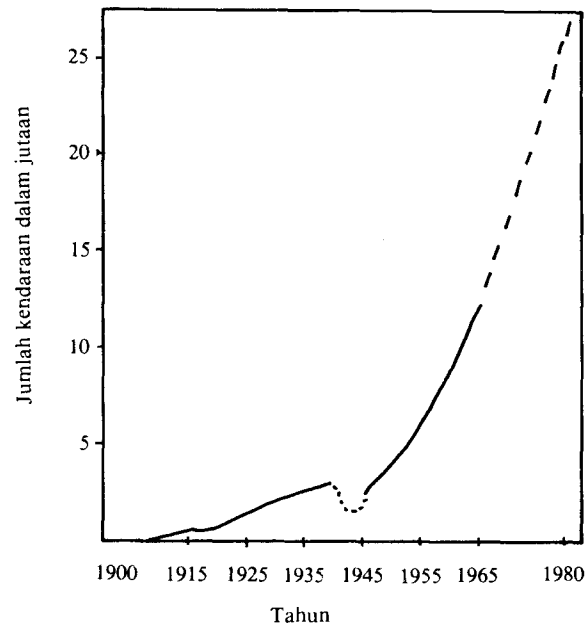
Sebelum tahun-tahun itu, baik di Amerika maupun di Inggris, teknik lalu lintas adalah teknik "agak-agak" (*role-of-thumb*). Tentu saja, disiplin ini masih baru sehingga metode dan konsep masih berkembang sebagaimana hampiran pun menjadi lebih ilmiah.

### *Persoalan lalu lintas*

Disiplin masih baru, tetapi persoalannya telah meluas dan berkembang pesat. Di Inggris, pada tahun 1919, hampir 330.000 kendaraan berada di jalanan. Angka-angka berikutnya, yang merupakan ciri persoalan, menunjukkan pertumbuhan yang menakjubkan sejak akhir perang dunia I:

1925 .....	1.510.000
1935 .....	2.570.000
1945 .....	2.552.000
1955 .....	6.409.000
1965 .....	12.329.000

Ini adalah laju pertumbuhan lebih dari 5% per tahun selama 4 dasawarsa (Gambar 1.1).



Gambar 1.1

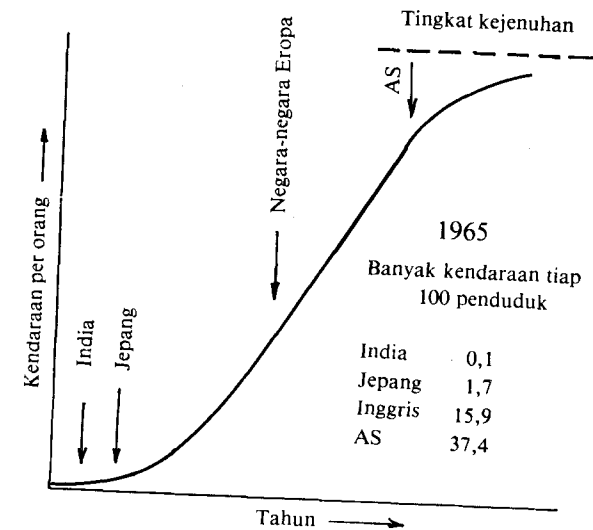
Pertambahan penggunaan kendaraan di Inggris

Sumber: British Road Federation & Road Research laboratory

Agar mengerti persoalan dalam keadaan sehari-hari, yang diperlukan adalah mengamati jalan utama setempat, di mana saja. Selama 20 tahun lalu lintas hampir dua kali lipat, jalan utama perlu dibangun atau dikembangkan menjadi sekurang-kurangnya 6 atau barangkali 8 jalur lintasan; dan hal itu berarti lebar jalan 24 meter dari sisi ke sisi (daerah manfaat jalan).

Persoalan lalu lintas tidak hanya terbatas di Amerika dan Inggris. Ini adalah persoalan dunia, walaupun di lain negara tentu saja ber-

beda tataran peningkatan lalu lintasnya. Pada suatu saat sebuah negara hanya memiliki sedikit jalan dan tingkat hidup relatif "rendah", permintaan atau kebutuhan akan angkutan bermotor pun masih rendah, dan tidak ada persoalan lalu lintas yang nyata. Begitu negara terbuka karena suatu sistem jalan, tingkat hidup dan kebutuhan akan angkutan bermotor meningkat. Itulah saat perkembangan melaju. Akibatnya -- dan pada tahap ini terbuka perdebatan -- permintaan akan mobil, bus, dan truk harus dipenuhi. Tahap ini dikenal sebagai tataran pemenuhan atau kecukupan, yang berkembang sesuai dengan perkembangan penduduk (Gambar 1.2).



Gambar 1.2

Pemilikan kendaraan

Namun perkembangan pemilikan kendaraan hanyalah sebagian daripada keseluruhan persoalan lalu lintas. Jelaslah bila suatu negara memiliki panjang dan lebar jalan tidak terbatas, maka persoalan lalu lintas tidak akan timbul. Tidak satu pun negara dapat menjangkau tuntutan ini, tentu saja satu dan lain hal karena tidak ekonomis. Inggris dalam tahun 1965 hanya memiliki lebar jalan 28 meter bagi setiap kendaraan yang menggunakan jalan. Bila pembangunan jalan dilak-



sanakan dengan laju yang sama sampai sekarang dan pemilikan kendaraan mengikuti perkiraan perkembangan angka data, maka pada tahun 1985 akan terdapat satu kendaraan setiap 14 meter jalan -satu mobil tiap depan rumah.

### ✓ Tiga kemungkinan penanggulangan

Persoalan dasar lalu lintas sebenarnya sederhana, yakni terlalu banyak kendaraan yang menggunakan dan terlalu sedikit/sempit jalan. Penanggulangan persoalan pun tidak terlalu sulit dipilih dari tiga kemungkinan berikut.

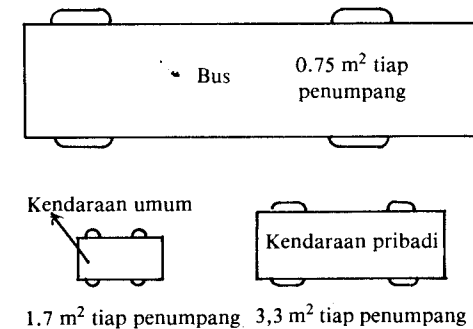
- Membangun jalan secukupnya dengan ukuran sesuai dengan kebutuhan.
- Batasi permintaan akan jalan dengan membatasi jumlah kendaraan yang bisa menggunakan jalan.
- Gabungan antara (a) dan (b), yakni membangun jalan tambahan, menggunakan jalan itu serta jaringan jalan yang sudah ada sampai batas maksimum, dan pada saat yang sama melakukan pengendalian perkembangan permintaan sejauh mungkin dapat dilakukan.

Dengan permintaan yang tidak terbatas dan dengan biaya pembangunan jalan modern yang berkisar  $\frac{1}{2}$  juta poundsterling per kilometer, biaya pembangunan jalan di Inggris untuk mencukupi kebutuhan yang tidak terbatas akan menjadi terlalu mahal. Lebih dari itu, penggunaan lahan secara besar-besaran (kolosal) untuk suatu jalan di daerah yang sudah padat sungguh tidak dapat dipertanggungjawabkan. Di Los Angeles, kota yang dibangun untuk kendaraan bermotor, hampir setengah dari lahan yang ada diperuntukkan bagi gerak kendaraan dan pelataran parkir. Kota-kota kita umumnya sudah dibangun—dan tak seorang pun mau merusak peranannya dengan meratakannya dengan lahan dan membangun kembali di sekeliling mobil. Itulah sebabnya, kemungkinan penanggulangan pertama "ditingkatkan".

Pada saat ini, pada jaman kemewahan di dunia barat, kendaraan bermotor, sedikit-tidaknya, masih menjadi lambang kemuliaan. Keluarga menabung untuk membelinya sebuah dan demikian penghasilannya meningkat, maka dibelinya sebuah lagi. Setiap usaha pembatasan pembelian dan penggunaan kendaraan pribadi akan sangat ti-

dak disukai. Dan kendaraan pribadi, walaupun menimbulkan persoalan lalu lintas, masih merupakan alat transpor pribadi yang paling luwes. Kendaraan umum mengalami kesulitan bersaing dengan kendaraan pribadi, kendaraan yang melayani pergerakan "dari pintu ke pintu". Oleh karena itu, dalam berbagai hal, kompromi adalah penanggulangan yang terbaik.

Adalah juga dalam rangka usaha penanggulangan yang bersifat kompromi bahwa teknik lalu lintas bercampur tangan. Teknik lalu lintas menjamin sarana tidak didesain berlebihan. Ia digunakan sampai batas kemungkinan dan pada tempat semestinya. Pada saat yang sama seperti jaminan bahwa jalan digunakan sepenuhnya, pengendalian atas peningkatan permintaan adalah usaha terbaik dengan meningkatkan dan memperbaiki atau menyempurnakan angkutan umum, sehingga penggunaan jaringan jalan menjadi lebih baik (bandingkan Gambar 1.3).

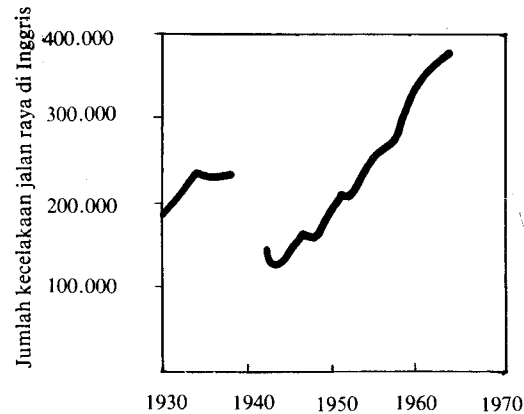


Gambar 1.3  
Luas jalan yang digunakan tiap penumpang

### Aspek-aspek persoalan

Bertolak dari definisi lalu lintas, sebagai awal bab ini, persoalan lalu lintas dapat dipandang dari berbagai aspek yang saling berkaitan. Istilah yang digunakan dalam definisi: "... pergerakan aman, nyaman, murah, ..." Kita dapat membayangkan kata-kata ini meliputi arus lalu lintas, kecepatan lalu lintas (kendaraan), keamanan lalu lintas, dan kenyamanan lalu lintas, yang menjalin aspek ekonomi lalu lintas.

Lalu lintas mengalir sepanjang jalan-jalan, dan dapat dimengerti bahwa volume lalu lintas yang dapat bergerak tergantung atas lebar dan kelurusan jalan itu. Demikian pula lalu lintas akan tergantung atas kecepatan aliran lalu lintas. Kecepatan lalu lintas bukan sekedar berarti kecepatan gerak, melainkan sangat bergantung atas lamanya lalu lintas terhambat, pada umumnya pada persimpangan. Definisi menyebutkan "pergerakan aman ...." menunjukkan kepada kita untuk memperhatikan keamanan lalu lintas -- apa sebab kecelakaan, di mana terjadi, bagaimana kita mencegahnya? (Gambar 1.4).



Gambar 1.4  
Kecelakaan di Inggris  
(Gawat: mati atau luka)

Sumber: British Road Federation, *Basic Road Statistics*.

Sungguh tidak ada artinya merencanakan dan membangun jalan hanya sekedar memenuhi kebutuhan untuk memungkinkan kendaraan sampai di tempat tujuan dan ternyata tidak dapat berhenti di sana. Fasilitas parkir harus tersedia dan tentu saja harus ditempatkan secara tepat dan berhati-hati. Sama halnya, dalam menanggulangi persoalan lalu lintas secara menyeluruh adalah sangat penting diingat bahwa faktor manusia tetap menjadi "tuan" dan bukan menjadi "budak" kendaraan. Dalam mengatur lalu lintas sepanjang jalan yang ada pengaruh manusia atas lingkungan hendaknya diperhatikan, atau kita menghadapi "ketidaknikmatan".

Setiap proyek pembangunan jalan harus diteliti agar diperoleh penggunaan uang yang sebesar-besarnya untuk pembangunan serta penggunaan jalan. Pembakuan biaya, bagaimana pun kecilnya, dan kemanfaatan yang diperoleh oleh masyarakat dari proyek hendaknya diperhitungkan pula. Di samping itu, nilai pengembalian (*rate of return*) modal yang ditanam hendaknya dibandingkan dengan proyek lain. Oleh karena itu, hanya dengan mengecat garis-garis lajur di jalan bisa berarti penghematan yang besar atas biaya yang dikeluarkan oleh pemakai jalan. Barangkali secara ekonomi tidak bisa dibenarkan membangun jalan elak baru. Perhitungan ekonomi meliputi semua aspek teknik lalu lintas.

#### Penanggulangan persoalan

Dengan mengetahui persoalan secara terperinci dalam segenap aspeknya, kita akan dapat mengatasinya. Ada tiga tahap, sebagaimana umumnya menanggulangi setiap persoalan, yaitu *penelitian* (investigasi), *tindakan segera*, dan *perancangan untuk kemudian*. Tahapan ini dapat dilaksanakan baik terhadap persoalan lalu lintas secara keseluruhan, maupun terhadap persoalan lalu lintas tertentu yang menjadi perhatian para ahli teknik umumnya.

Sebelum kita dapat mengurangi atau meringankan persoalan lalu lintas tertentu, misalnya: di seluruh kota, pada jalan padat, atau hanya kemacetan pada persimpangan, kita perlu melakukan survei terperinci dan harus mampu menerjemahkan semua keterangan yang diperoleh. Dalam teknik lalu lintas digunakan berbagai teknik survei dan metode statistik untuk kepentingan itu.

Setelah meneliti persoalan secara terperinci, sangat jarang ada kemungkinan membangun kembali, mengubah, atau menyesuaikan suatu jalan dalam waktu dekat, dan nyatanya hal itu mungkin sekali tidak perlu. Namun seringkali sangat perlu segera mengurangi persoalan dengan beberapa tindakan, baik dengan teknik pengelolaan maupun kontrol lalu lintas. Sebagaimana telah dikemukakan, yang dibutuhkan barangkali hanya sekaleng cat putih, atau sedikit penyempurnaan lampu lalu lintas. Tentu saja, penanggulangan ini hanya bersifat jangka pendek dan kita tetap harus melihat ke masa depan serta merencanakan jaringan jalan baru, persimpangan-persim-



pangan, dan tata kota, agar tercapai perlalulintasan yang baik di kemudian hari.

Pada masa lalu, keputusan atas jalur jalan, lebar jalan, desain persimpangan, dan sebagainya, didasarkan atas metode *rule-of-thumb*, warisan pengalaman yang cukup lama. Cara ini benar, seringkali benar, tetapi tidak selalu benar. Dengan mekarnya persoalan lalu lintas, kita tidak dapat mendesain terus-menerus (*to design 'off-the-cuff'*). Oleh sebab itu, teori teknik lalu lintas telah dikembangkan berdasarkan penilaian ilmiah atas pengalaman yang telah terbukti di Inggris dan Amerika.

Disadari bahwa persoalan lalu lintas umumnya melanda daerah pertokoan. Jalan-jalan di pedesaan umumnya dengan mudah dapat dilebarkan; lebih dari itu, lalu lintas di pedesaan atau antarkota terbagi lebih merata sepanjang hari, yang berakibat lebih merendahkan kongesi pada jam puncak. Buku ini menitikberatkan persoalan dan teknik lalu lintas di daerah perkotaan, sedangkan lalu lintas pedesaan dilihat sekedarnya saja.



## BAB II SURVEI LALU LINTAS

### *Arus Lalu Lintas*

Pertama kita perhatikan arus lalu lintas, yaitu gerak kendaraan sepanjang jalan. Kita dapat membandingkan lalu lintas sepanjang jalan dengan listrik sepanjang seutas kawat atau aliran air sepanjang sebatang pipa. Seperti halnya kita mengukur arus listrik atau air, kita perlu mengukur arus lalu lintas. Hanya dengan pengukuran ini kita dapat menentukan ukuran kawat, pipa, atau jalan yang diperlukan untuk menampung arus itu. Mengikuti analogi selanjutnya, seperti halnya air yang mengalir dalam kuantitas yang berbeda-beda yang tergantung atas tekanan pada berbagai titik pada suatu waktu, maka demikian pula arus lalu lintas berfluktuasi.

Oleh karena itu, kita perlu menghitung arus kendaraan sepanjang tahun. Pada dasarnya ada dua cara untuk melakukannya, yaitu:

- penghitungan tangan (*manual*),
- penghitungan mekanik.

Kedua cara itu masing-masing mengandung kelebihan atau keuntungan serta kekurangan atau kerugian, seperti dapat dilihat pada tabel berikut; dan cara lain yang mungkin dipilih hendaknya mengingat hal ini.

### *Penghitungan tangan*

Penghitungan lalu lintas dengan cara ini secara sederhana menghitung setiap kendaraan yang melalui setiap titik tertentu pada jalan. Pada umumnya penghitungan menggunakan pena atau pensil dan kertas dengan membuat tanda batang dalam kelompok lima seperti berikut.

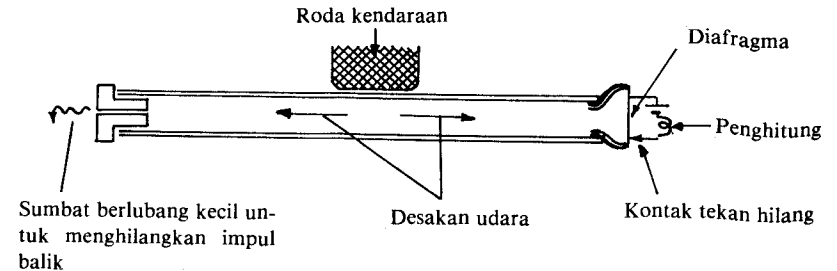


dan sebuah penghitung. Pada umumnya ada lima macam detektor, yaitu seperti berikut.

- Detektor hubungan positif (*Positive contact detector*). Roda kendaraan akan menyebabkan dua metal bersinggungan dan terjadilah sirkuit listrik. Jenis detektor ini sulit pemeliharaannya.
- Detektor pneumatik (*pneumatic detector*). Roda kendaraan menyekelang (*crossing*) tabung, menyebabkan impuls dalam tabung. Pemeliharaan relatif mudah.
- Detektor hidrolik (*hydraulic detector*). Sama dengan jenis pneumatik, tetapi tabungnya diisi suatu cairan. Pemeliharaan sulit (penggantian cairan, dan lain-lain).
- Detektor magnetik (*magnetic detector*). Sebuah kumparan kawat dibenamkan (dikubur) di bawah muka jalan. Bila kendaraan lewat di atasnya, medan magnet akan terganggu. Sangat berguna untuk instalasi tetap, namun jelas tidak mudah bagi kepentingan survei acak.
- Mata foto-listrik (*photo-elektrik eyes*), radar, infra merah, atau sinar ultrasonik. Seberkas sinar melintang jalan dan akan terputus bila kendaraan melewatinya. Sangat rumit dan karenanya sulit pemeliharaannya serta menuntut pekerja yang terlatih, sangat mahal.

Untuk survei lalu lintas pada umumnya, yang pada dasarnya adalah instalasi nonpermanen dan dilaksanakan atau dipasang oleh tenaga setengah terdidik, jenis detektor yang paling disukai adalah detektor pneumatik. Detektor ini terdiri atas sebuah tabung karet berdinding tebal (kira-kira 12 mm atau  $\frac{1}{2}$  in), garis tengah 3 mm atau  $\frac{1}{8}$  in yang dipasang atau ditempelkan pada muka jalan dengan kanvas yang kuat dipaku pada interval kira-kira 1 meter (3 ft). Salah satu ujung tabung ini dihubungkan dengan penghitung, sedangkan ujung lainnya disumbat berlubang kecil untuk menghilangkan impuls balik. Bila roda kendaraan menyekelang atau menggilas, maka tabung tertekan dan tekanan ini menyebabkan desakan udara ke kedua ujung tabung. Tiupan udara yang menuju alat penghitung secara sederhana menyebabkan "tekan hilang" (*make-and-break*) melalui alat diafragma, sedangkan tiupan udara ke ujung lain dibuang melalui lubang pada sumbat (Gambar 2.2).

## SURVAI LALU LINTAS — ARUS LALU LINTAS



Gambar 2.2  
Detektor tabung tekan

Alat penghitung atau pencatat yang dipasang pada detektor ini dapat bervariasi dari yang paling sederhana, yang hanya mencatat satu unit untuk tiap dua impuls (1 mobil = 2 poros) pada pita milimeter, sampai alat penghitung mutakhir yang mencatat arus kendaraan per jam dan waktu pada interval yang dikehendaki, mencatat atau mencetak fakta pada pita kertas, piringan kertas, atau melubangi pita kertas untuk bisa digunakan langsung ke komputer.

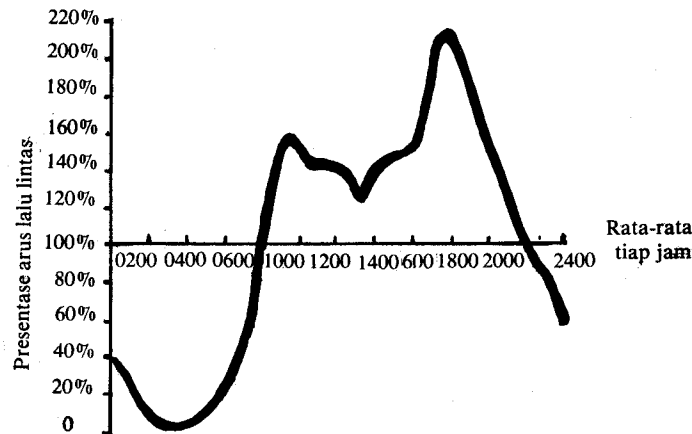
Untuk jenis penghitung sederhana, SYX - RRL adalah yang terkenal di Inggris. Catatannya harus dibaca langsung (*manually*) pada waktu-waktu tertentu, tergantung pada kebutuhan survei. Dengan penghitung yang lebih mutakhir seperti Streter-Amet RCH, Elliot Economite, atau pita rekam Fischer Porter, pembacaan dapat dilakukan lebih santai dan diamati kemudian.

Walaupun demikian harus diingat bahwa semua penghitung otomatis hanya mencatat setengah daripada semua roda yang menggilas tabung. Alat penghitung tidak mampu menggolongkan lalu lintas, tidak pula bisa membedakan kendaraan yang mempunyai poros lebih dari dua seperti truk gandengan, dan sebagainya. Oleh karena itu, selalu masih diperlukan penghitungan survei lalu lintas langsung (*manual counting*).

### Teknik pemasangan (instalasi)

Daftar periksa (*check-list*) untuk pemasangan tabung detektor pneumatik dan hal-hal yang harus diamati adalah:

- Posisi tabung harus melintang tegak lurus terhadap aliran lalu-lintas, sedapat mungkin terletak pada jalan lurus cukup jauh dari simpangan. (Bila tabung bisa disengkelang tidak tegak lurus, maka akan dicatat banyaknya roda yang menyengkelang dan bukan banyaknya poros).
- Posisi tabung sebaiknya pada bagian jalan aspal bukan pada jalan beton, karena memudahkan pemakuan.
- Regangkan tabung lebih kurang 10% agar menempel dengan baik pada jalan.
- Lekatkan tabung pada jalan pada tiap meter (3 ft).
- Hindari perhentian bis, mungkin sekali sebuah bis berhenti dengan menggilas tabung dan dengan demikian pada saat itu kendaraan lain yang lewat tidak bisa dicatat.
- Kuncilah alat penghitung pada sebatang pohon atau tiang lampu untuk menghindari gangguan anak-anak (dan gangguan lain).
- Periksalah tabung secara teratur, mungkin tersumbat atau bocor, dan bila masih baru, mungkin sebutir kapur/bedak menyumbat tabung.
- Periksalah seluruh instalasi secara teratur dari kemungkinan tidak menempel ke alat penghitung, hilang, tabung penyok, dan sebagainya.
- Ujilah dengan menghitung langsung (*manual counting*) dengan singkat secara berkala.



Gambar 2.3

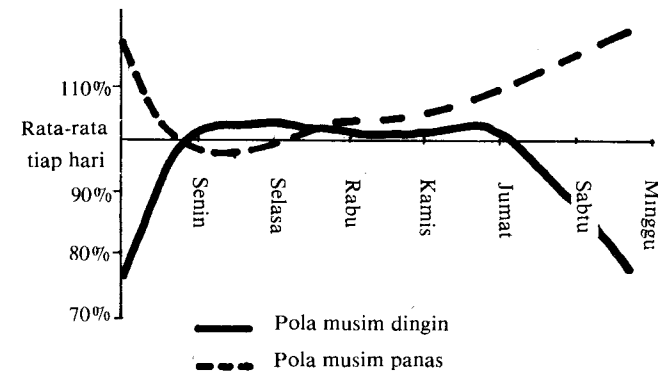
Pola lalu lintas sepanjang hari (data Nasional pada musim panas)

### Fluktuasi lalu lintas

Telah dimaklumi bahwa arus lalu lintas di jalanan tidaklah tetap. Apabila kita menghitung banyaknya kendaraan yang lewat pada suatu tempat atau titik sepanjang sore hari dan mengulangnya pada tengah malam, hasilnya akan sangat berbeda. Kenyataannya, arus lalu lintas selalu berubah sepanjang hari, sepanjang minggu, dan sepanjang tahun.

Pola lalu lintas per jam (Gambar 2.3) selama 24 jam dalam sehari semalam menggambarkan pola hidup masyarakat. Ada "puncak" pada saat kita pergi bekerja di pagi hari, "mendatar" setelah itu sampai menjelang siang hari, dengan penurunan secara tajam pada saat makan siang. Pada saat sekolah usai terdapat peningkatan lalu lintas dan meningkat lagi sampai suatu puncaknya (*crescendo*) pada saat jam pulang kerja lebih kurang pukul 17.30, dan kemudian turun tajam sampai sangat sepi di malam hari, kecuali sedikit peningkatan pada jam tutup rumah minum.

Seperti halnya lalu lintas berfluktuasi sepanjang hari, demikian pula terjadi fluktuasi harian sepanjang minggu (Gambar 2.4). Tentu saja akan terdapat lebih sedikit lalu lintas sepanjang jalan di kawasan perbelanjaan pada hari tutup toko dibandingkan hari lainnya. Sama halnya dalam musim panas akan lebih banyak lalu lintas menuju pantai pada hari Minggu (libur) daripada hari kerja.

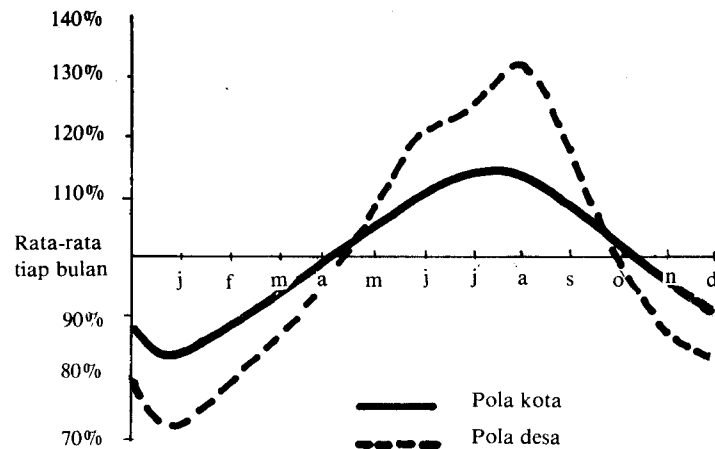


Gambar 2.4

Pola lalu lintas sepanjang minggu

Namun akan terbukti pola mingguan yang sangat berbeda dalam musim panas dan dalam musim dingin, jadi musim pun mempengaruhi arus lalu lintas. Hendaknya diingat bahwa fluktuasi harian selama Senin sampai dengan Jumat adalah kecil, perbedaan pokok arus lalu lintas harian terbatas pada akhir minggu. Perlu diingat pula bahwa pola arus lalu lintas yang disajikan di sini didasarkan pada keadaan rata-rata di negara Inggris. Oleh karena itu, tidak terlihat variasi hari pendek Rabu dan Kamis (*early-closing-day-variation*).

Tidak hanya musim sepanjang tahun yang mempengaruhi arus lalu lintas, melainkan neraca bulanan pun menunjukkan variasi sepanjang tahun, dan perhatikan pula kondisi antara kota dan desa. Dari pola lalu lintas tahunan dalam Gambar 2.5 jelaslah bahwa bentuk fluktuasi adalah mirip kurva sinus, dengan panjang siklus 12 bulan. Setiap kurva enam bulan, atau setengah siklus, kurva berada pada sebelah-menyebelah garis rata-rata, dengan puncak dan lembah berjarak lebih kurang sama terhadap garis rata-rata.



Gambar 2.5  
Pola lalu lintas sepanjang tahun

Bila kita hendak menentukan arus lalu lintas rata-rata sepanjang satu ruas jalan, selama setahun penuh, mungkin saja kita menghitung jumlah kendaraan yang melalui ruas jalan itu selama 365 hari, dan kemudian jumlahnya kita bagi dengan 365. Pada kenyataannya

cara ini dipergunakan pada sensus beberapa jalan utama, tetapi bagi penelitian yang biasa, tidak perlu dilakukan dengan cara selama ini. Dari kurva pola lalu lintas tahunan, jelaslah pada tiap kurun waktu, tiap 5 bulan rata-rata dari kedua perhitungan itu mendekati rata-rata tahunan. Dan sama saja apakah kita menghitung dalam bulan Januari dan Juli, atau dalam bulan Maret dan September. Prinsip ini berlaku pula baik untuk daerah pedesaan maupun untuk daerah perkotaan.

Dengan menghitung dalam bulan Januari dan Juli kita "menghilangkan" fluktuasi bulanan; tetapi untuk menghilangkan fluktuasi yang telah kita ketahui tiap hari sepanjang minggu dan tiap jam sepanjang hari, kita perlu menghitung selama satu minggu penuh pada dua kesempatan, selama 24 jam atau 16 jam penting (06.00 - 22.00) yang mencakup hampir 93% daripada arus lalu lintas selama 24 jam.

Dari perhitungan selama 24 jam per hari selama tujuh hari dalam bulan Januari dan tujuh hari dalam bulan Juli kita dapat menghitung arus lalu lintas harian rata-rata (LHR) dalam tahun itu, yaitu:

$1/14$  (arus seminggu dalam Januari + arus seminggu dalam Juli).

Tentu saja kita seringkali tidak dapat menunggu 6 bulan untuk penghitungan kedua, dan kurang tertarik pada LHR daripada lalu lintas puncak tertinggi (maksimum), untuk mendesain jalan-jalan kota guna menampung arus lalu lintas pada jam puncak, jam sibuk (padat). Dengan mengetahui pola lalu lintas pada kawasan tertentu, kita dapat menghitung lalu lintas mingguan, katakan bulan Juni, dan mengubahnya, dengan faktor, ke bulan Agustus, bulan sibuk. Tanpa mengetahui pola lalu lintas kita sendiri, suatu hampiran (*approximation*) dapat dilakukan dengan menggunakan keadaan rata-rata wilayah (*nation-wide average figures*), walaupun tentu saja hasilnya kurang tepat.

Dengan masih tetap kurang tepat, yang masih dapat diterima dalam beberapa hal, penggunaan faktor masih bisa digunakan pada keadaan yang lebih luas. Misalnya, untuk suatu proyek kecil kita perlu segera mengetahui LHR, katakan minggu depan. Sekarang bulan Juni. Dengan dasar bahwa dari Senin sampai Jumat LHR tetap sama, kita dapat menghitung untuk 16 jam per hari pada hari Jumat, Sabtu, dan Minggu.

Pertama kita peroleh arus lalu lintas selama seminggu, sebagai berikut.



Anggaplah penghitungan selama 16 jam:

Jumat 10.000 kendaraan  
 Sabtu 9.000 kendaraan  
 Minggu 7.500 kendaraan

Senin sampai Jumat dianggap sama, maka arus lalu lintas seminggu (LHR) adalah:

$$5 \times 10.000 + 1 \times 9.000 + 1 \times 7.500 = 66.500$$

Namun perhitungan 16 jam adalah kurang lebih 93% daripada seluruh arus lalu lintas.

Jadi, lalu lintas mingguan =  $66.500 \times 100/93 = \pm 72.000$  kendaraan.

Dengan mengetahui arus lalu lintas bulanan rata-rata (LBR) dapat dihitung arus lalu lintas tahunan rata-rata (LTR).

Apabila LBR suatu kawasan atau area tidak diketahui, data rata-rata daerah atau negara seperti dalam Tabel 2.1 dapat digunakan. Misalnya, kita menggunakan perhitungan bulan Juni yang LMR-nya adalah 72.000 kendaraan itu.

Penghitungan dalam bulan Juni adalah 110% dari LTR. Maka:

$$LHR_t = 72.000/7 \times 100/110 = 9.300 \text{ kendaraan per hari.}$$

$LHR_t$  adalah LHR dalam tahun yang bersangkutan.

Tabel 2.1 LBR sebagai persentase lalu lintas bulanan setahun

Bulan	Kota	Desa
Januari	81	71
Februari	89	77
Maret	94	86
April	99	97
Mei	104	107
Juni	110	121
Juli	111	127
Agustus	112	136
September	109	117
Oktober	102	96
November	96	85
Desember	92	79

Jalan-jalan di pedesaan didesain berdasarkan LHR (16 jam) dalam bulan Agustus, bulan sibuk. Volume lalu lintas bagi proyek pedesaan, dengan menggunakan cara sama seperti di atas, dapat dihitung selama 16 jam per hari pada hari Jumat, Sabtu, dan Minggu. Perhitungan seogyaanya terbatas pada bulan Juni, Juli, Agustus, dan September, karena kesibukan yang lebih mempengaruhi lalu lintas pedesaan. Penghitungan dalam bulan Juli, pada sepenggal jalan memberikan:

Jumat 15.500  
 Sabtu 14.000 selama kurun 16 jam.  
 Minggu 15.000

akan diubah ke dalam LHR Agustus sebagai berikut:

$$\frac{5 \times 12.500 + 14.000 + 15.000}{7} \times 136/127 \text{ kendaraan per 16 jam sehari}$$

$$= 14.000 \text{ kendaraan per 16 jam sehari dalam bulan Agustus.}$$

#### Macam perhitungan

✓ Se jauh ini kita telah meninjau teknik dan cara menghitung dan penjabaran (derivasi) data yang lebih berguna dari perhitungan kita. Namun apa yang sebenarnya dihitung? Kendaraan, tentu saja, tetapi bagaimana arahnya?

Ada tiga macam penghitungan yang biasa digunakan bila kita berbicara soal arus lalu lintas:

- Penghitungan tidak langsung*, misalnya penghitungan lalu lintas yang lewat suatu titik, dengan mengabaikan ke mana bergerak. Ini adalah penghitungan dasar, dari mana peta guna jalan dapat dibuat.
- Penghitungan langsung*, sama dengan (a) tetapi lebih terperinci. Hal ini adalah bentuk umum perhitungan terperinci, dengan maksud menyajikan arah arus lalu lintas; hal ini akan mempunyai kegunaan khusus, misalnya ingin menerapkan sistem jalan satu arah.
- Penghitungan klasifikasi*, yang telah dikemukakan sebagai komplemen (pelengkap) dan perlu bagi semua bentuk survei lalu lintas. Perlu diketahui penjabaran lalu lintas untuk tujuan desain; misalnya, ketebalan perkiraan jalan ditentukan sambungan dengan banyaknya kendaraan berat per jam.

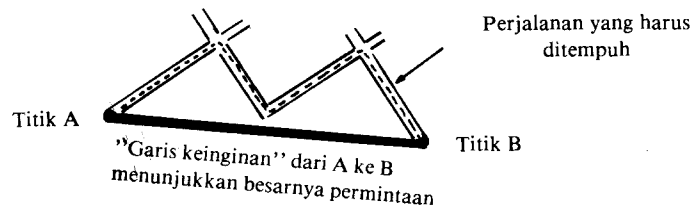
Sebagai tambahan atas ketiga macam cara penghitungan di atas adalah penghitungan gerak belok di persimpangan, yang akan dibahas kemudian.

Walaupun telah dipaparkan empat (tiga yang diutarakan) dasar cara penghitungan lalu lintas, tentu saja ada cara-cara lain. Kadangkadang kita perlu menghitung pejalan, misalnya menghitung banyaknya pejalan yang menggunakan suatu ruas jalan setapak atau pelintasan pejalan (*pedestrian crossing*). Jenis penghitungan ini adalah manual dan dimudahkan dengan menggunakan alat penghitung (*hand tallies*).

Penghitungan pejalan sering pula diperlukan dalam hubungan dengan studi transportasi seluruh wilayah kota. Demikian pula halnya dengan penghitungan penumpang kendaraan. Dalam penghitungan yang terakhir dihitung banyaknya penumpang suatu kendaraan yang melewati pos penghitung. Dari penghitungan ini akan diketahui banyaknya rata-rata penumpang (yaitu jumlah penumpang dibagi jumlah kendaraan) per kendaraan. Kendaraan umum dihitung tersendiri. Sebagai catatan bahwa rata-rata penumpang mobil dan taksi di Inggris adalah hanya 1,89 orang per kendaraan.

#### Survei asal dan tujuan

Macam penghitungan lain, yang merupakan dasar atau pokok studi transportasi, adalah survei Asal-Tujuan (survei A-T). Ini memberikan gagasan pembuatan peta arah arus lalu lintas dan menghasilkan apa yang dikenal dengan "garis keinginan". Garis keinginan menunjukkan garis lurus langsung (seperti "gagak terbang") perjalanan dari A ke B yang dikehendaki tanpa memperhatikan letak dan pola jaringan jalan (Gambar 2.6).



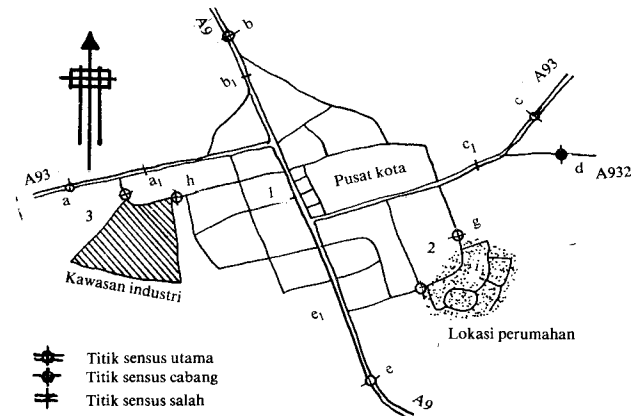
Gambar 2.6  
Garis keinginan

Pada dasarnya, suatu penghitungan banyaknya kendaraan dengan survei A-T diklasifikasikan oleh titik asal mula perjalanan dan titik akhir perjalanan, yaitu asalnya dan tujuannya. Survei A-T sering pula dicoba untuk mengelompokkan *alasan* setiap perjalanan dagang, santai, sosial, dan sebagainya.

Adalah jelas bahwa survei A-T tidak sesederhana cara penghitungan yang telah diutarakan sebelumnya. Banyak cara dapat dilakukan dalam survei A-T:

- wawancara pinggir jalan
- survei kartu pos
- penilikan nomor registrasi (pendaftaran)
- sistem kartu tempel (*vehicle tag system*)
- wawancara rumah tangga

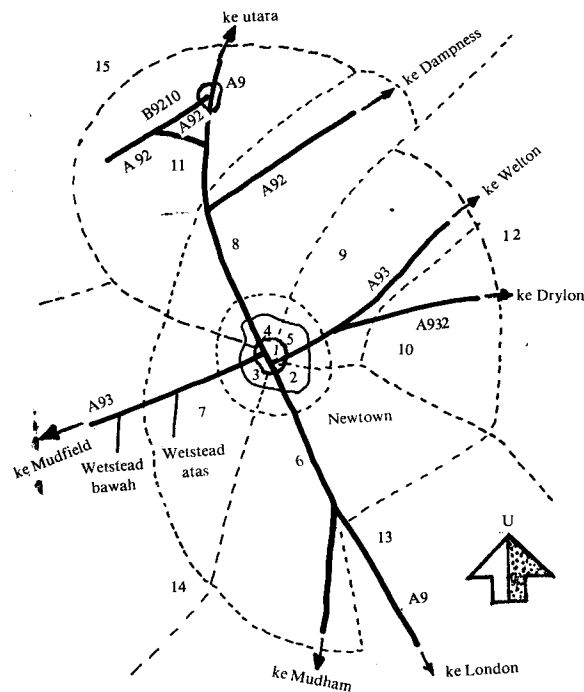
Pertama kali yang diperlukan pada setiap cara survei A-T adalah membagi wilayah kota yang disurvei menjadi beberapa zone, atau menentukan titik gerbang. Marilah kita perhatikan jaringan jalan suatu kota kecil seperti dalam Gambar 2.7. Kita dapat melihat dari sketsa peta bahwa apabila kita menghitung semua kendaraan yang masuk Newtown pada titik A 93 dari arah barat pada posisi a, kita akan mudah membuat kesalahan.



Gambar 2.7  
Newtown: jaringan jalan kota



Hal ini karena kendaraan yang mungkin membelok ke kanan sebelum titik  $a_1$  dan tetap mencapai pusat kota atau hanya sekedar lewat tidak dihitung. Keadaan yang sama juga terjadi pada jalan masuk pada titik  $b_1$ ,  $c_1$ , dan  $e_1$ . Jadi jelaslah bahwa kita harus menghitung kendaraan-kendaraan yang masuk ke atau keluar dari Newtown pada posisi yang sedikit agak di luar, yaitu titik a, b, c, d, dan e. Untuk survei skala kecil, titik-titik ini dapat dianggap sebagai asal dan tujuan perjalanan. Dalam hal ini, asal dan tujuan sebenarnya diabaikan. Bagi kepentingan survei daerah yang lebih luas, asal dan tujuan harus ditetapkan lebih spesifik. Dalam hal ini *zoning* kota dan lingkungannya perlu dilakukan lebih terperinci (Gambar 2.8); penghitungan yang aktual, atau survei posisi, tentu saja harus tetap tak berubah.



Gambar 2.8  
Lingkungan Newtown dengan zoning A-T

Berikut ini adalah cara-cara survei.

#### Wawancara pinggir jalan

Sebutan wawancara pinggir jalan dan survei A-T itu sendiri telah menjelaskan artinya. Kendaraan-kendaraan dihentikan begitu masuk wilayah kota dan kepada pengendaranya diajukan beberapa pertanyaan sederhana sebelum diijinkan meneruskan perjalanannya. Pertanyaan-pertanyaan pada umumnya mengikuti bentuk berikut ini.

- (1) Di mana awal perjalanan hari ini?
- (2) Ke mana tujuan perjalanan?
- (3) Apa tujuan perjalanan?

Apabila jawaban atas pertanyaan kedua adalah kota yang sedang disurvei, maka diajukan pertanyaan selanjutnya.

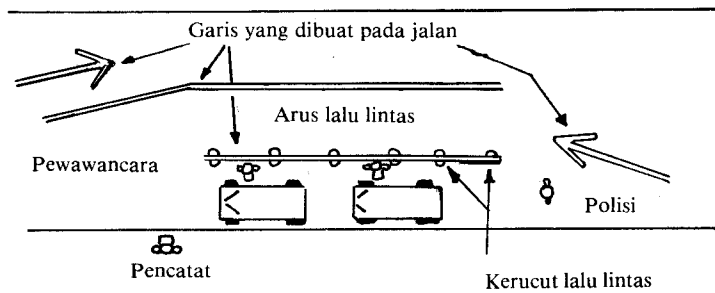
- (4) Bagian mana atau zone mana yang dituju?
- (5) Berapa lama akan berhenti?
- (6) Setelah itu, akan ke mana?

Apabila jawaban atas pertanyaan kedua adalah kota berikutnya dari kota yang disurvei, kendaraan akan dipersilakan meneruskan perjalanan setelah pertanyaan ketiga diajukan.

Tentu harus dihormati beberapa pengendara yang tidak senang dihentikan dan diminta menjawab pertanyaan-pertanyaan itu. Para pelaksana survei A-T tidak mempunyai hak dan wewenang menghentikan kendaraan. Oleh karena itu, diperlukan bantuan polisi untuk kepentingan ini. Lebih dari itu, sebelum survei dilaksanakan, perlu disebarluaskan publikasi survei, tujuan, dan apa yang diharapkan dari masyarakat.

Tenaga pelaksana untuk tiap pos wawancara adalah sebagai berikut.

- Seorang Pengawas: penanggung jawab pos.
- Dua orang penghitung/pencatat: melakukan pencatatan *manual* dan mekanik, serta mengklasifikasi.
- Tidak lebih dari 6 pewawancara: bekerja bergiliran dalam kurun lebih dari 16 jam. Setiap pewawancara dapat mewawancarai 50-100 kendaraan per jam.
- Dua orang pemegang bendera (pengatur lalu lintas): mengatur lalu lintas keluar masuk pos.
- Dua orang polisi agar kegiatan survei dapat dianggap legal/sah.

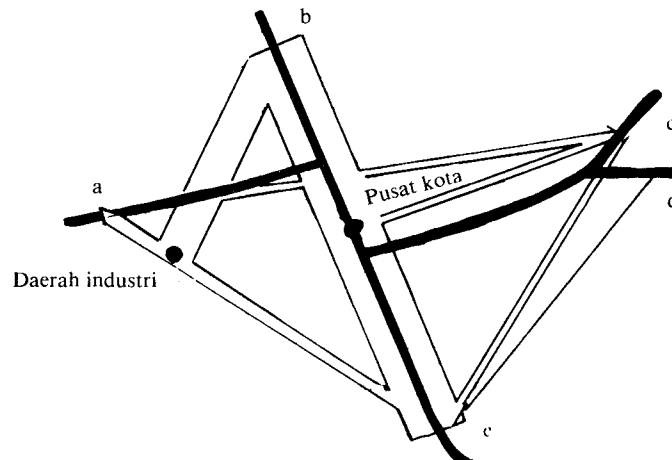


Gambar 2.9

Rancangan pos wawancara pinggir jalan

Rancangan pos survei pada jalan yang cukup lebar, kurang lebih seperti tertera pada Gambar 2.9.

Dengan mengabaikan pengaruh asal dan tujuan di luar batas kota, hasil wawancara pinggir jalan dapat digambarkan sebagai garis tujuan seperti pada Gambar 2.10, makin lebar garis, makin banyak perjalanan (lalu lintas). Namun Gambar 2.10 bukanlah gambar pola lalu lintas sebenarnya di Newtown, sebagaimana akan dijelaskan kemudian. Dalam hal ini gambaran sebenarnya akan diperoleh dengan kombinasi antara wawancara pinggir jalan dengan wawancara rumah tangga.



Gambar 2.10

Garis tujuan semu

### Survei kartu pos

Survei A-T dengan cara wawancara pinggir jalan, yang sangat mahal biayanya tidak selalu dapat dilaksanakan. Satu cara yang telah beberapa kali berhasil di USA adalah survei kartu pos. Setiap pengendara (atau sebanyak prosentasi yang ditentukan) yang memasuki kota, dihentikan dan diberi kartu pos untuk balasan. Pada kartu pos tercantum beberapa pertanyaan sederhana, yang pada dasarnya sama dengan apa yang ditanyakan dalam cara survei pinggir jalan. Pada saat itu tak ada tindak lebih jauh, dan pengendara dipersilakan meneruskan perjalanan dan diharapkan mengisi jawaban pada kartu pos serta mengirimkan kembali ke kantor pusat survei. Sayangnya responden sering tidak dapat dipercaya dalam beberapa hal dan jawaban yang kembali jarang sekali melebihi 50%. Sampai 50% dari semua kendaraan yang memasuki kota sungguh sangat bagus, dan 50% daripadanya dapat diterima atau dipercaya, tetapi dari kenyataan bahwa responden bukanlah contoh acak, mereka akan "bias". Hanya pengendara-pengendara atau pengemudi-pengemudi tertentu, yang cermat, yang akan mengirim kembali jawaban, dan itu bukanlah model yang baik yang mewakili seluruh populasi pengendara. Oleh karena itu survei kartu pos tidak dianjurkan.

### Pengamatan nomor kendaraan

Jauh lebih cocok dan jauh lebih murah daripada survei kartu pos, dan sering dilakukan dalam survei yang lebih kecil di Inggris dan di mana-mana, adalah *survei A-T nomor kendaraan*. Cara ini sangat sesuai untuk survei kota-kota kecil dengan beberapa jalan masuk yang perlu dilaksanakan serentak.

Pengamat, ditempatkan pada tiap jalan masuk atau keluar kota. Mereka mencatat semua nomor kendaraan, atau sampel yang telah ditentukan yang lewat, dan waktu. Kemudian setiap kendaraan yang keluar dicatat pula waktunya. Di kantor, kendaraan yang masuk dan keluar dicocokkan dan selang waktunya dicatat. Dengan membandingkan selang waktu dengan waktu rata-rata untuk lewat kota itu, dapatlah dinilai apakah kendaraan itu mempunyai kepentingan di dalam kota atau tidak, dan apakah telah berhenti di dalam kota.

Apabila dengan mencatat semua nomor kendaraan pekerjaan ini menyangkut jumlah yang amat besar, suatu sampel dapat dilakukan.

Cara yang paling umum adalah dengan mencatat semua nomor kendaraan yang berakhir dengan angka 2 dan 7 saja. Misalnya:

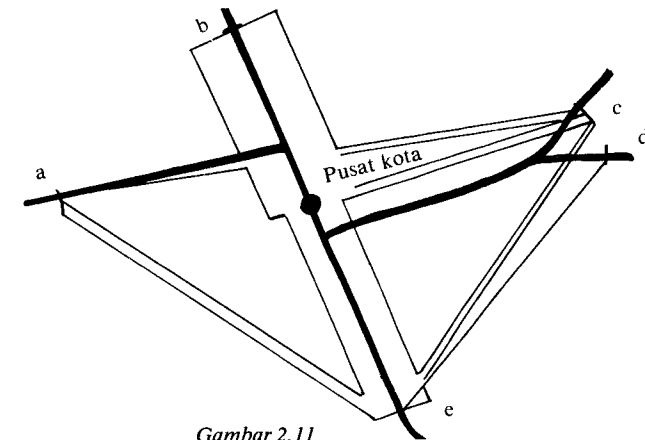
GPN	165 A	diabaikan
GUF	162 C	dicatat
PAX	797	dicatat
AP	6542	dicatat
PBY	793	diabaikan

Cara ini menghasilkan 20 persen sampel dari semua kendaraan dan sedikit lebih tepat daripada yang kadang-kadang digunakan '100-199 dan 700-799', karena kemungkinan bahwa seri 700 mungkin saja tidak ada dalam daftar nomor kendaraan.

Cara ini mempunyai keuntungan karena sangat mudah dilaksanakan, tidak memerlukan pengumuman sebelumnya, dan tidak menghambat perjalanan siapa pun. Pengadaan staf yang diperlukan cukup mudah, kendaraan-kendaraan yang terpilih (disurvei) dapat diikuti melalui persimpangan-persimpangan penting di dalam kota, dan tidak memerlukan pelataran parkir; segalanya tanpa ketidaknyamanan bagi masyarakat. Kerugian terbesar dari cara ini adalah kebutuhan staf pelaksana yang relatif banyak untuk survei dan untuk pekerjaan di kantor untuk mencocokkan nomor-nomor, yang mungkin menjadi satuan tugas yang monumental. Oleh karena itu, cara ini terbatas untuk kota-kota kecil yang banyak jumlahnya!

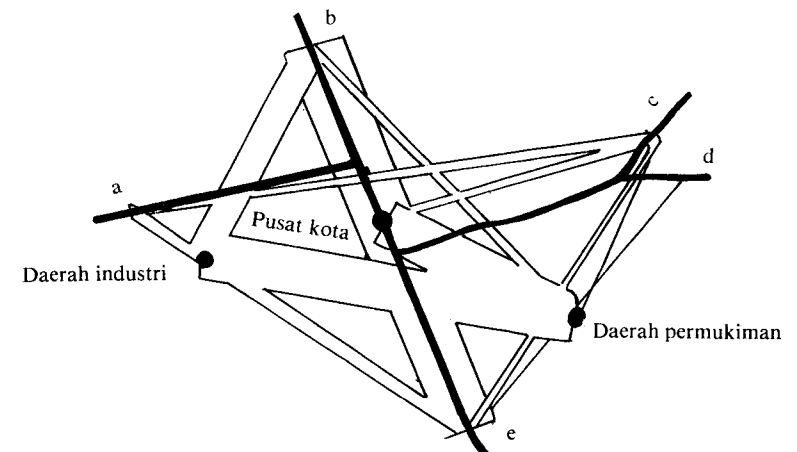
Peta garis tujuan yang dihasilkan dari pencatatan nomor kendaraan ini kurang lebih akan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11; dan tampaknya berbeda dengan peta garis tujuan yang dihasilkan dari wawancara pinggir jalan. Sebabnya sulit diketahui, tidak ada penghitungan lalu lintas yang datang dari luar kota ke arah utara dan diharapkan belok ke kanan menuju kawasan industri. Dengan hanya mencatat nomor kendaraan pada pintu-pintu masuk dan keluar, kita telah menggabungkan areal industri dengan pusat kota.

Namun kita tahu, dari pengetahuan kita sendiri atas kota yang bersangkutan, bahwa ada areal perumahan dalam zone 2 dari mana orang akan datang ke pusat kota dan pergi bekerja pada kawasan industri. Untuk koreksi survei A-T nomor kendaraan, kita perlu menempatkan penyelia lagi pada empat pos, yaitu yang diberi tanda f, g,



Gambar 2.11  
Garis tujuan semu (2)

h, dan j, pada peta jaringan Newtown. Hal ini tentu saja, menuntut dua kali banyaknya staf dan pekerjaan mencocokkan nomor-nomor, jika bekerja dengan cara ini. Bila hal itu dilaksanakan, peta garis tujuan menghasilkan gambar yang berbeda, seperti Gambar 2.12, yang kelihatannya adalah lalu lintas Newtown sebenarnya.



Gambar 2.12  
Garis tujuan sebenarnya

### *Sistem tempel*

Cara yang hampir sama dengan survei nomor kendaraan adalah sistem tempel, yang juga perlu menghentikan kendaraan, namun hanya untuk saat pendek. Kendaraan dihentikan pada jalan masuk dan keluar; dan pada saat masuk, tempelan berwarna atau label ditempelkan pada kaca depan atau pada pegangan pintu (untuk Indonesia di sebelah kiri). Warna tempelan ini menunjukkan dari titik mana kendaraan tersebut masuk dan ditandai jam masuk. Pada saat meninggalkan kota, tempelan diambil dan jam keluar dibubuhkan di atasnya. Setiap asal kendaraan, tujuan, dan waktu perjalanan melewati kota dapat diketahui. Sekali lagi, waktu perjalanan dapat diketahui untuk meyakinkan apakah kendaraan-kendaraan berhenti atau tanpa berhenti di dalam kota. Waktu penghitungan dengan cara ini lebih pendek daripada survei nomor kendaraan tetapi biayanya jauh lebih besar, baik dalam persiapan dan pengadaan material, maupun dalam penundaan gerak kendaraan-kendaraan.

### *Wawancara rumah tangga*

Barangkali jenis survei A-T yang paling rumit dan paling mudah serta paling banyak memakan waktu dan membutuhkan tenaga adalah wawancara rumah tangga, tetapi bila terorganisasi dengan baik survei ini akan memberikan hasil yang sangat berguna. Suatu sampel yang representatif dipilih secara acak - misalnya dengan mengambil rumah kesepuluh dari sekelompok rumah dalam suatu kota (berarti 10% sampel) dan setiap anggota rumah tinggal diminta menyebutkan setiap perjalanan yang mereka lakukan secara terperinci pada hari tertentu dengan tidak mengindahkan apakah menggunakan bus, mobil, atau berjalan, dan sebagainya. Dari data ini dapat dibuat suatu gambaran kebutuhan transpor seluruh kota.

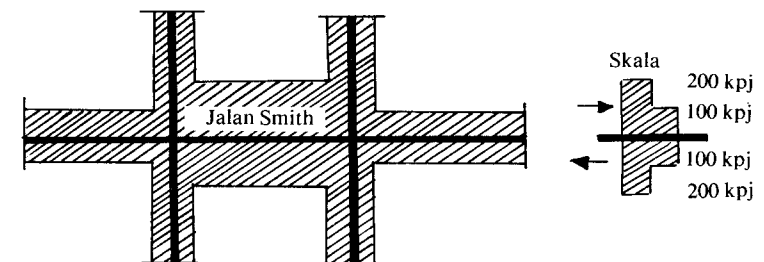
Susunan daftar pertanyaan yang baik adalah sangat penting, dan daftar pertanyaan ini hendaknya diperiksa pula oleh seorang ahli sosiologi dan seorang ahli statistik, untuk menghindarkan pertanyaan yang tidak terarah dan sebagainya. Para pewawancara perlu menyampaikan, menerangkan, membantu melengkapi, dan akhirnya memeriksa daftar pertanyaan, dan banyak pekerjaan statistik dalam penggarapan data. Publikasi yang sangat luas perlu dilaksanakan

langsung sebelum survei, dan setiap usaha - dengan surat maupun hubungan langsung - harus dilakukan untuk mengumpulkan sekurang-kurangnya 90% tanggapan atas pertanyaan-pertanyaan.

Survei wawancara rumah tangga pada umumnya berkaitan dengan survei wawancara pinggir jalan, seperti telah diterangkan. Data wawancara rumah tangga, pada umumnya terdiri atas perjalanan internal, dapat mengisi kesenjangan yang terjadi pada wawancara pinggir jalan, yang ditunjukkan bila kita lihat pada cara survei nomor kendaraan.

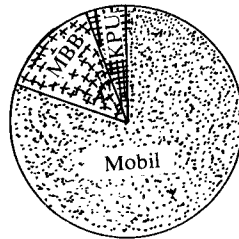
### *Penyajian*

Ilmu perlalulintasan adalah suatu subjek yang harus disebarkan kepada masyarakat pada umumnya (dan para anggota dewan kota, pada umumnya) agar mereka mudah mengerti persoalannya dan tanggap atas penanggulangan yang diadakan. Oleh karenanya cara menyajikan menjadi teramat penting. Kita telah mengetahui bagaimana hasil survei A-T disajikan dalam bentuk peta garis tujuan, yang tebal garisnya sesuai dengan skalanya, menunjukkan besarnya lalu lintas. Penghitungan lalu lintas yang lebih umum digambarkan dengan cara sama, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13. Sekali lagi, ketebalan garis menunjukkan volume lalu lintas.



Gambar 2.13  
Peta arus lalu lintas: Jalan Smith

Untuk memberi ilustrasi "pembentuk" lalu lintas sepanjang suatu ruas jalan, misalnya klasifikasi sering digunakan sebuah *pie chart* (Gambar 2.14).



Gambar 2.14  
Pie Chart klasifikasi lalu lintas

#### Satuan mobil penumpang (smp)

Cara lain untuk membilangkan klasifikasi arus lalu lintas adalah dengan menyatakan lalu lintas bukan dalam jumlah kendaraan per jam melainkan dalam satuan mobil penumpang (smp) per jam. Telah disebutkan (dengan sangat jelas) bahwa sebuah bus besar menyita jauh lebih luas permukaan jalan dibandingkan dengan apa yang disita oleh sebuah mobil pribadi (sedan). Metode satuan mobil penumpang memperhitungkan hal ini dengan memandang sebuah bus, misalnya, adalah ekuivalen, pada sebuah jalan di dalam kota, dengan tiga mobil, dan satuan yang lain adalah sebagai berikut:

	<i>jalan di luar kota</i>	<i>jalan di dalam kota</i>
Mobil pribadi, taksi, kendaraan barang kecil (KBK) dan lain-lain	1,0	1,0
Kendaraan barang besar (KBB)	3,0	2,0
Kendaraan Pelayanan Umum (KPU)	3,0	3,0

Pada jalan di dalam kota yang volume lalu lintasnya sebanyak 300 kendaraan terdiri atas 240 mobil penumpang, 45 KBB dan 15 KPU, dinyatakan membawa smp/jam sebagai berikut.

$$240 \times 1 = 240$$

$$45 \times 2 = 90$$

$$15 \times 3 = 45$$

$$\text{Arus lalu lintas} = 375 \text{ smp/jam}$$

Peta arus lalu lintas seperti tersebut sebelumnya dapat dibuat berdasarkan smp/jam.

Unit ukuran ini, smp/jam, akan menjadi pertimbangan dalam rencana (desain) jalan: *tidak sekedar hanya* sebagai unit "presentasi".

#### Ringkasan

- (1) Penghitungan lalu lintas dapat secara otomatis atau dengan tangan.
- (2) Penghitung otomatis memerlukan pemeriksaan dan penghitungan klasifikasi.
- (3) Arus lalu lintas berfluktuasi (naik turun) sepanjang hari, sepanjang minggu, sepanjang tahun, dan selalu mengikuti pola beraturan.
- (4) Survei asal dan tujuan yang terbaik disertai dengan wawancara pinggir jalan yang dikombinasikan dengan wawancara rumah tangga; atau *untuk kota kecil* dengan survei nomor kendaraan.
- (5) Hasil survei lalu lintas harus disajikan sedemikian rupa agar dapat mudah dipadukan.

### BAB III SURVEI LALU LINTAS

#### *Kecepatan dan Pertundaan*

Sejauh ini telah dihitung banyaknya kendaraan yang melalui sebuah jalan. Adalah jelas bahwa perhatian harus dicurahkan pula pada kecepatan kendaraan bergerak. Namun kecepatan berapakah yang menarik untuk diperhatikan?

#### *Kecepatan yang mana?*

Mungkin kita mengira bahwa hanya ada satu kecepatan gerak sepanjang sebuah jalan atau setidaknya satu kecepatan rata-rata. Namun sebenarnya tidak demikian. Petunjuk kecepatan (*speedometer*) pada kendaraan menunjukkan kecepatan gerak kendaraan hanya pada saat tertentu, dan kecepatan akan berubah-ubah dari waktu ke waktu sepanjang jalan. Itulah kecepatan yang diukur oleh polisi dan kita sebut "kecepatan sesaat" (*short speed*).

Bila seseorang berkendara dari rumah ke tempat kerja, seseorang lebih memperhatikan waktu keseluruhan untuk menyelesaikan perjalanannya; karena itu, seseorang lebih memperhatikan kecepatan rata-rata selama perjalanannya, termasuk setiap hambatan karena kemacetan, dan sebagainya. Inilah kecepatan yang didefinisikan sebagai "kecepatan perjalanan", yang sangat berguna bagi ahli perlalulintasan. Sebagian daripada kerja atau usaha ahli perlalulintasan adalah meningkatkan kecepatan perjalanan.

Agar "kecepatan perjalanan" itu dapat lebih bermanfaat artinya, dapatlah lebih diperinci menjadi kecepatan rata-rata pada sepenggal jalan, dalam hal ini tidak diperhitungkan hambatan pada persimpangan dan penyeberangan pejalan kaki. Kecepatan itu masih tetap me-

rupakan ukuran kemacetan sepanjang jalan tetapi hal ini jangan dikacaukan dengan hambatan pada persimpangan jalan. Kecepatan ini disebut kecepatan gerak (*running speed*).

Dengan demikian kecepatan perjalanan dan kecepatan gerak dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{Kecepatan perjalanan} = \frac{\text{jauh perjalanan}}{\text{waktu tempuh}}$$

$$\text{Kecepatan gerak} = \frac{\text{jauh perjalanan}}{\text{waktu tempuh dikurangi waktu berhenti}}$$

Kita dapat mengetahui bahwa suatu kecepatan gerak yang tinggi dengan suatu kecepatan perjalanan yang rendah akan berarti jalan tanpa hambatan, selain dengan hambatan banyak sekali atau luar biasa pada persimpangan. Sebuah contoh yang baik adalah jalan minor yang sepi yang banyak menolong jalan utama atau jalan major dengan banyak lalu lintas. Demikianlah, bila kecepatan perjalanan hampir sama dengan kecepatan gerak menandakan sebuah jalan yang baik bebas hambatan, perjalanan yang nyaman. Kecepatan perjalanan dan kecepatan gerak berguna pula untuk memilih cara atas dasar penilaian ekonomi.

Walaupun telah dikatakan bahwa kecepatan sesaat adalah yang menjadi perhatian polisi, namun itu juga berguna bagi ahli perlalulintasan. (Dan lebih mudah diukur daripada kecepatan perjalanan). Kecepatan ini menunjukkan kecepatan pada titik tertentu pada jalan dan dapat digunakan untuk mengukur pengaruh pembatasan kecepatan, atau untuk mengukur peningkatan kecepatan sebagai akibat usaha pengelolaan lalu lintas seperti larangan parkir atau pengadaan perhentian bus (*bus lay-bys*).

Lalu bagaimana kecepatan sesaat dan kecepatan perjalanan atau gerak diukur? Ada lima cara untuk mengukur kecepatan sesaat dan tiga cara untuk mengukur waktu perjalanan atau waktu tempuh dan dengan sendirinya kecepatan perjalanan.

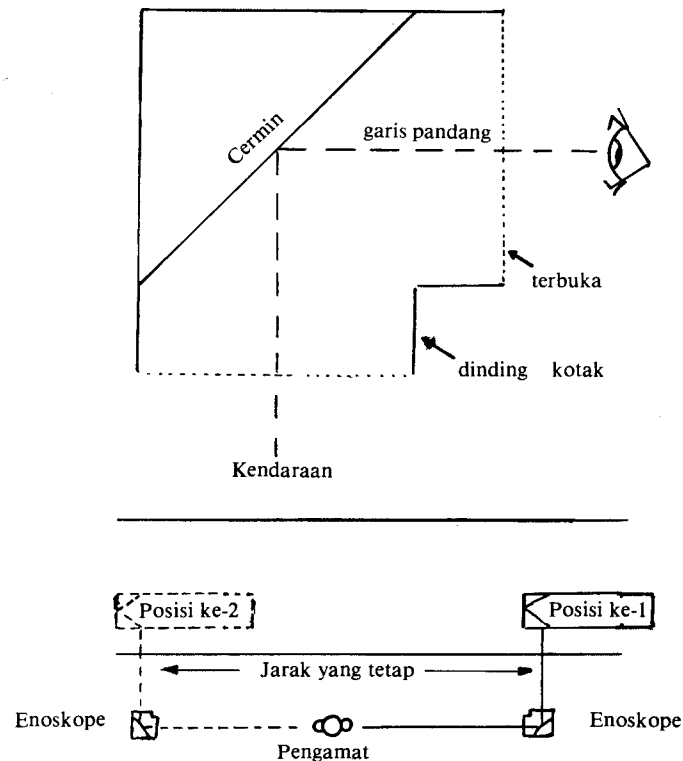
#### *Pengukuran kecepatan sesaat*

Bila kita berpikir kembali pada penjelasan sebelumnya tentang perangkat kecepatan, metode pertama pengukuran kecepatan sesaat ini

cukup jelas. Dua orang pengamat berdiri di pinggir jalan pada jarak tertentu. Pada saat sebuah kendaraan lewat, pengamat pertama melambatkan tangannya dan pengamat kedua menekan tombol *stop watch*, yang akan dihentikan pada saat kendaraan yang bersangkutan melewatinya. Jika para pengamat mengambil jarak 27.8 m (247 ft) dan mengukur waktu dalam detik ( $t$ ), maka kecepatan kendaraan ( $s$ ) dalam km/jam (mil per jam) diperoleh dari:

$$s = 100/t$$

Namun cara ini tidak tepat guna (efisien); saat kendaraan melewati pengamat tidak bebas dari kesalahan pengamat, dan bila melintas ha-



Gambar 31  
Enoskope dan cara pemakaian

nya 2 atau 3 detik saja, akan bisa membawa akibat yang sangat besar dalam menghitung kecepatan. Di samping itu, setiap pengendara yang berhati-hati yang melihat dua orang berdiri di pinggir jalan dengan *stop watch* di tangan akan segera memperlambat kendaraannya - sekedar berhati-hati. Oleh karena itu kecepatan yang dihasilkan tidak bisa mewakili kecepatan rata-rata sepanjang ruas jalan yang diukur.

Penyempurnaan cara mengukur kecepatan oleh pengamat adalah dengan menggunakan enoskope (*enoscope*). Enoskope adalah nama yang sedap didengar untuk menyebut kotak cermin. Dua kotak dengan seorang pengamat dapat mengganti pekerjaan yang dilakukan oleh dua orang pengamat seperti cara sebelumnya (Gambar 3.1). Dua enoskope diletakkan pada jarak tertentu sepanjang pinggir jalan, dan seorang pengamat dengan *stop watch* berada di antaranya. Pada saat sebuah kendaraan berkilat melintasi enoskope pertama, ia menekan *stop watch* dan menghentikannya pada saat kendaraan itu berkilat pada enoskope kedua. Cara ini mempunyai kebutuhan yang sama dengan cara sebelumnya yang dilakukan oleh dua orang pengamat, tetapi dengan penggunaan cermin yang lebih kecil hasilnya akan lebih tepat, 3 sampai 5 persen. Jarak enoskope yang dianjurkan adalah sebagai berikut.

Kecepatan rata-rata	Jarak Enoskope	Kecepatan
sampai 40 km/jam	25 m	90/t km/jam
40 - 65 km/jam	50 m	180/t km/jam
lebih dari 65 km/jam	100 m	360/t km/jam
sampai 25 mil/jam	88 ft	60/t mil/jam
25 - 40 mil/jam	176 ft	120/t mil/jam
lebih dari 40 mil/jam	352 ft	240/t mil/jam

( $t$  diukur dalam detik)

Cara pengukuran kecepatan sesaat yang lebih tepat dan lebih populer adalah dengan alat elektronik. Alat pengukur Venner, meng-



gunakan dua detektor tabung pneumatik melintang jalan dan alat transistor pengukur waktu yang mencatat waktu antara pulsa pada tabung pertama dan kedua. Pada alat pengukur Venter, tabung pneumatik dilekatkan pada permukaan jalan pada jarak tertentu (2 meter). Kecepatan akan segera dapat diketahui dari meteran dengan mencocokkan pada tabel yang disertakan pabrik.

Cara paling mutakhir dan tepat adalah dengan radar. Sebuah kotak hitam diletakkan di pinggir jalan dan sinar radar halus dipancarkan dan akan dipantulkan kembali ke kotak oleh kendaraan yang akan diukur kecepatannya. Dari sinar ini meteran langsung menunjukkan kecepatan. Menurut pabrik radar ini, kecepatan mencapai  $\pm 2$  sampai 3 km/jam (2 mil per jam).

Terakhir, di antara cara pengukuran kecepatan sesaat yang lebih umum adalah dengan cara pemotretan. Dengan menggunakan *constant time exposures*, kendaraan yang melintas sepanjang jarak tertentu dapat diketahui, waktunya dapat diukur secara tepat, dan daripadanya dapat dijabarkan kecepatannya. Cara ini, bagi penggunaan nonpolisi (misalnya riset), mengandung keuntungan karena tidak bias. (Tentu saja tidak tepat bagi kepentingan polisi karena mereka tidak dapat menunggu pemrosesan film).

Setelah pengukuran kecepatan sesaat sepanjang ruas jalan, data yang dikumpulkan harus diproses ke dalam bentuk yang mempunyai arti. Ini adalah pekerjaan statistik elementer dan kita berkepentingan dengannya, yang akan disajikan secara sederhana dalam bab akhir. Tanpa memperhatikan kebutuhan jumlah data yang harus diamati, sejumlah sekurang-kurangnya 100 kecepatan, kendaraan harus diamati sedapat mungkin. Mungkin saja ditentukan besarnya jumlah pengamatan sesuai dengan derajat ketepatan yang dikehendaki, tetapi hal ini di luar lingkup buku ini.

#### *Pengukuran kecepatan perjalanan dan kecepatan gerak*

Satu cara pengukuran kecepatan perjalanan adalah pengembangan cara pengukuran kecepatan sesaat, namun cara ini jarang dilaksanakan pada kebanyakan negara. Cara ini dikenal sebagai teknik *elevated observer*. Seorang pengamat berada di puncak sebuah gedung tinggi, atau naik helikopter, dan kendaraan diukur waktunya sepanjang ruas jalan. Jika titik pengamatan tidak sangat tinggi, seperti halnya pada

pencakar langit, resultante kecepatan yang diukur bukannya kecepatan perjalanan melainkan kecepatan sesaat. Dua cara pengukuran kecepatan perjalanan berikut lebih banyak dipergunakan. Kegunaan kedua cara ini telah disinggung secara umum.

Pertama, yaitu mencatat nomor kendaraan yang digunakan dalam studi asal dan tujuan. Cara yang sama dapat digunakan untuk menentukan waktu perjalanan. Para pengamat di setiap akhir suatu ruas jalan mencatat nomor kendaraan dan waktu tiba suatu kendaraan. Kemudian waktu dan nomor kendaraan dicocokkan serta waktu perjalanan rata-rata dapat ditentukan. Metode dengan versi yang sedikit lebih rumit, yang telah dipakai dengan berhasil di beberapa propinsi (*county*) di Inggris, memperlengkapi kedua pengamat dengan radio walki talki, karena itu menghilangkan pengamanan pada pasangan *pos-survei* yang menjemukan.

Apabila penelaahan dilakukan pada jaringan jalan yang luas atau ruas jalan yang panjang, maka metode "ikut arus" (*floating vehicle*) lebih sesuai digunakan. Dalam cara ini, kendaraan pengamat mondar-mandir sepanjang jalan yang diamati dan sopir diharuskan mengikuti arus lalu lintas, misalnya mendahului kendaraan lain bila ia sendiri. Dengan demikian, pengamat di dalam kendaraan akan dengan mudah mencatat waktu sepanjang ruas jalan itu dan dapat mengukur waktu-waktu berhenti sepanjang lintasan. Dengan demikian, terukur pulalah kecepatan gerak.

Laboratorium Penelitian Jalan Raya (*The Road Research Laboratory*) telah mengembangkan pemakaian cara ikut arus guna mengukur kecepatan perjalanan, yang kemudian lebih dikenal sebagai cara "pengamat bergerak" (*moving observer*). Cara ini dapat mengukur sekaligus kecepatan dan arus (*speed and flow*), pada saat ini digunakan secara luas.

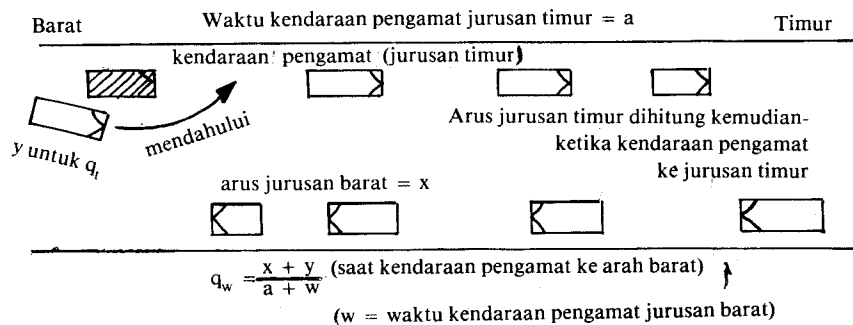
#### *Cara pengamat bergerak*

Tiga orang ditambah seorang sopir dibutuhkan sebagai pengamat bergerak guna menyelidiki kecepatan dan arus lalu lintas. Seperti halnya dengan cara ikut arus, kendaraan digerakkan ulang alik sepanjang satu atau beberapa ruas jalan mengikuti gerak arus lalu lintas, tetapi sopir tidak perlu mendahului kendaraan lain sebanyak ia didahuluinya. Ia hanya menjalankan kendaraannya pada kecepatan rata-rata kendaraan-kendaraan lainnya. Seorang pengamat di ken-

daraan itu menghitung banyaknya kendaraan yang didahului dan kendaraan lain yang mendahului kendaraan uji. Selisih jumlah kendaraan yang didahului dan mendahului, bisa positif atau negatif, dinyatakan dengan notasi  $y$ .

Pada saat yang sama seorang pengamat lain menghitung banyaknya kendaraan yang *berpapasan*, sepanjang waktu kendaraan uji meliputi suatu arus jalan. Bila perlu, pengamat yang sama mengklasifikasikan kendaraan-kendaraan yang dihitungnya, misalnya mobil penumpang, kendaraan umum, dan kendaraan barang. Hitungan ini diberi notasi  $x$ .

Sementara itu, pengamat ketiga mencatat waktu sejak berangkat dan berakhir pada tiap ruas jalan. Dengan menggunakan jenis *split second stop watch* (*stop watch* ganda), yang satu jarumnya dapat dihentikan sementara jarum lainnya bergerak terus, tundaan pada persimpangan-persimpangan sepanjang lintas yang diamati pun dapat dicatat. Hal yang juga menjadi tugas pengamat ketiga adalah mencatat perhitungan  $x$  dan  $y$  (Gambar 3.2).



Gambar 3.2  
Teknik pengamat bergerak

Yang ideal, lebih kurang dua belas jalan (*runs*) harus dilakukan pada tiap arah dalam tiap ruas untuk memperoleh hasil rata-rata. Tentu saja akan sangat ekonomis, karena itu masuk akal, melaksanakan pengkajian ini pada beberapa ruas jalan yang bersambungan pada satu waktu, berkendaraan sepanjang seluruh ruas pada satu arah dan kembali lagi lewat semua ruas, bukannya melaksanakannya pada satu ruas jalan pada satu waktu. Kemudian, dengan simbol-simbol berikut, arus lalu lintas dan waktu perjalanan pada ruas-ruas jalan itu dapat ditentukan.

- $q$  = arus kendaraan dalam satu arah;
- $x$  = jumlah rata-rata kendaraan terhitung *dalam arah itu* ketika kendaraan uji bergerak dalam arah berlawanan;
- $y$  = selisih jumlah kendaraan yang mendahului dan didahului oleh kendaraan uji ketika kendaraan uji bergerak searah  $q$ ;
- $w$  = waktu rata-rata perjalanan ketika kendaraan uji bergerak searah  $q$ ;
- $a$  = waktu rata-rata perjalanan ketika kendaraan uji bergerak dalam arah berlawanan dengan  $q$ ;
- $t$  = waktu rata-rata perjalanan seluruh lalu lintas searah  $q$ .

$$\text{Maka } q = \frac{x + y}{a + w}$$

$$\text{dan } t = w - y/q$$

(Jelaslah, bila sopir kendaraan uji mampu mengikuti arus dengan tepat, maka  $y = 0$ , dan dengan demikian  $t = w$ ).

Sebagai contoh penerapan metode pengamat bergerak, misalnya tujuh uji jalan yang telah dilakukan dalam tiap arah pada sebuah ruas jalan sepanjang 64 km (Tabel 3.1).

Dari catatan itu, dirata-ratakan dari 7 jalan, dapat dihitung arus dan waktu perjalanan: Lalu lintas ke arah timur,

$$q = \frac{27.7 - 2.7}{1.97 + 2.10} \text{ kendaraan per menit} \\ = \frac{25.0 \times 60}{4.07} \text{ kendaraan per jam} \\ = 370 \text{ kpj}$$

lalu lintas ke arah barat,

$$q = \frac{38.8 - 1.1}{4.07} \text{ kendaraan per menit} \\ = \frac{37.7 \times 60}{4.07} \text{ kendaraan per jam} \\ = 555 \text{ kpj}$$

Ke arah timur,

$$t = 1.97 - \frac{(-2.7)}{6.18} = 2.41 \text{ menit}$$

Ke arah barat,

$$t = 2.10 - \frac{(-1.1)}{9.25} = 2.22 \text{ menit}$$

Maka, kecepatan rata-rata:

$$\text{Ke arah timur} = 1.64 \times \frac{60}{2.41} = 40.8 \text{ km/jam}$$

$$\text{Ke arah barat} = 1.64 \times \frac{60}{2.22} = 44.3 \text{ km/jam}$$

atau:  $\frac{2.41}{1.64} = 1.47 \text{ menit/km}$  dan  $\frac{2.22}{1.64} = 1.35 \text{ menit/km.}$

Tabel 3.1 Catatan pengamat bergerak

Ke arah timur

	Waktu perjalanan menit	Waktu perjalanan detik	Penghi- tungan x	Kendaraan yang menda- hului kenda- raan uji	Kendaraan yang didahului kenda- raan uji
	1	50	38	1	4
	2	02	42	2	3
	2	00	40	1	5
	1	56	38	1	4
	1	58	38	1	4
	1	48	35	1	6
	2	13	41	2	2
Jumlah	13	47	272	9	28
Rara-rata	1	58	38,8	(9-18) = -19	-2.7

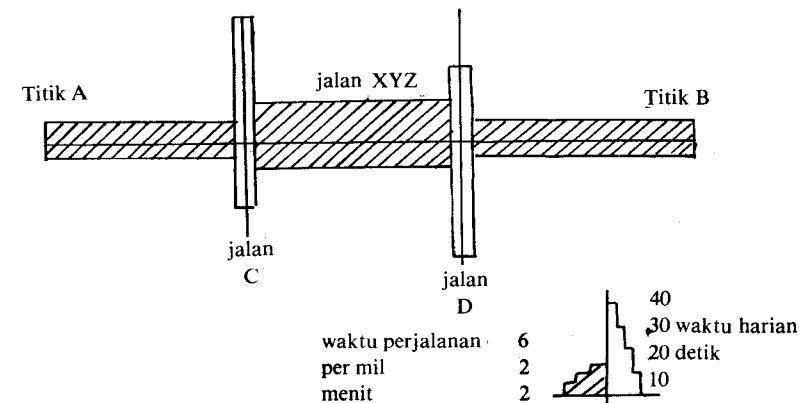
$$= 1.97 \text{ menit}$$

Ke arah barat

	2	05	27	3	4
	2	00	26	2	4
	2	10	28	4	4
	2	10	28	4	4
	1	58	25	2	5
	2	15	30	4	3
	2	07	28	3	3
	2	10	31	2	5
Jumlah	14	45	195	20	28
Rata-rata	2	06	27.7	(20-28) = -8	-1.1

$$= 2.10 \text{ menit}$$

Di kawasan perkotaan, waktu perjalanan lebih umum dinyatakan dalam menit per kilometer (menit per mil), ruas jalan biasanya diambil ruas antara dua persimpangan utama (penting). Pada akhir suatu ruas, waktu tunda (berhenti) pada persimpangan, yang juga diamati dalam teknik pengamat bergerak, hendaknya juga diukur dalam satuan menit. Dengan mengurangi waktu tunda pada persimpangan dari kecepatan perjalanan sepanjang ruas yang diamati, secara langsung dapat diperoleh kecepatan gerak antara dua persimpangan. Kecepatan dan pertundaan sepanjang satu bentang jalan kota dapat disajikan seperti dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.3

Waktu tunda di persimpangan dan kecepatan perjalanan

### Pertundaan (delays)

Jelaslah bahwa dalam daerah perkotaan (dan tidak jarang pula di daerah pedesaan) pertundaan merupakan bagian penting dari waktu perjalanan. Pertundaan pada suatu perjalanan terbagi dalam dua kategori, yaitu *pertundaan gerak* (tunda gerak) dan *pertundaan tetap* (tunda tetap).

Lebar jalan yang mempengaruhi kapasitas jalan dan volume lalu lintas yang menggunakan jalan itu merupakan faktor utama dalam kecepatan gerak. Kesendatan (*congestion*) ini, yang disebabkan oleh lalu lintas yang terlalu berat, dapat digolongkan sebagai *tunda gerak* di sebuah jalan, bukan suatu elemen pokok kecepatan perjalanan.

*Tunda tetap* pada hakikatnya "termasuk" (*built-into*) sebuah jalan tertentu dalam bentuk penundaan pada lampu lalu lintas, pada simpangan prioritas (semboyan "BERHENTI" (*stop*) dan "BERI JALAN" (*give way*), pada penyeberangan pejalan dan silang kereta api, dan sebagainya. Walaupun dalam arah utama arus lalu lintas pertundaan ini dapat diketahui selama pengamatan, namun masih sering diperlukan mengetahui perincian semua pertundaan pada tiap persimpangan dan penyebrangan.

Untuk memperoleh tunda tetap pada suatu persimpangan dibutuhkan dua orang pengamat, dan informasi yang tepat dapat dengan cepat diperoleh.

Dengan satu jalan mengarah ke persimpangan, seorang pengamat menghitung semua kendaraan selama lima menit, mengklasifikasikan lalu lintas dalam "berhenti" (*stopping*) dan "tidak berhenti" (*not-stopping*). Sementara itu, pengamat kedua, dalam kurun (*interval*) 15 detik, menghitung jumlah kendaraan yang menunggu (*stationary*) sebelum persimpangan. Dari hasil ini pertundaan rata-rata tiap kendaraan dapat dihitung. Misalnya sebagai berikut.

Volume kendaraan mendekati persimpangan

Berhenti                      Tidak berhenti  
56                                      37

Jumlah 93

Kendaraan menunggu

Menit/Detik	00	15	30	45
0	0	2	7	9
1	4	0	0	3
2	9	16	14	6
3	1	4	9	13
4	5	0	0	2
Jumlah	19	22	30	33

= 104

Jumlah pertundaan = 104 kendaraan masing-masing 15 detik  
= 1.560 detik

Pertundaan rata-rata kendaraan berhenti =  $\frac{1.560}{56} = 27.8$  detik

Persentase kendaraan tertunda =  $56/93 \times 100 = 60.2$

Yang terpenting adalah,

Rata-rata pertundaan semua kendaraan =  $1560/93 = 16.8$  detik.

Angka terakhir ini, dengan memperhatikan keempat jalan menuju persimpangan, adalah angka yang akan digunakan bagi analisis ekonomi suatu persimpangan atau usulan perbaikan persimpangan yang bersangkutan.

#### *Penghitungan gerak belok*

Kita telah mengetahui bahwa sebagian pertundaan yang dapat diukur pada jaringan jalan terjadi pada persimpangan-persimpangan. Beberapa menit pengamatan pada suatu persimpangan yang sibuk akan memperlihatkan bahwa pertundaan ini disebabkan oleh kendaraan-kendaraan yang keluar dari arus lalu lintas langsung (membelok). Kendaraan yang belok kiri sedikit menimbulkan gangguan, namun kendaraan yang belok kanan harus menunggu kesempatan atau menyebabkan penundaan bagi kendaraan lain. Karena itu gerak belok ini perlu diperhatikan dan diketahui banyaknya kendaraan yang berbelok (dan jenisnya).

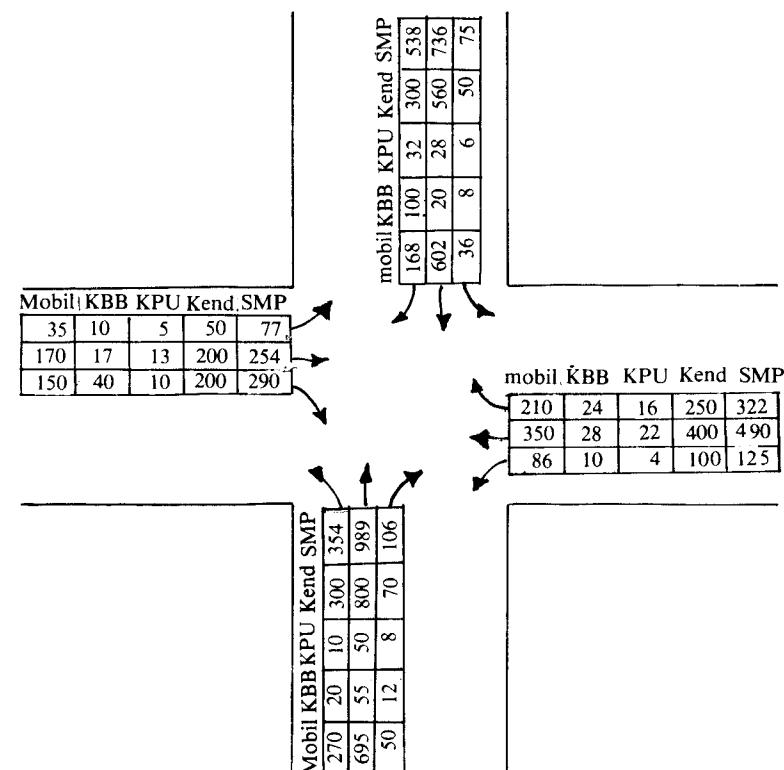
Keterangan itu diperoleh dengan penghitungan gerak belok. Seorang pengamat pada tiap cabang jalan menuju persimpangan berdiri menghadap persimpangan dengan selembur formulir atau memasang alat penghitung yang menghitung kendaraan-kendaraan yang belok kiri, terus, dan belok kanan. Sering diperlukan, seperti halnya dalam penghitungan lalu lintas langsung, menghitung lalu lintas menurut jenisnya, misalnya mobil penumpang, kendaraan barang ringan, kendaraan umum, dan kendaraan barang berat. Sebuah lembar khusus bagi kepentingan perhitungan kendaraan belok adalah seperti Gambar 3.4.

PENGHITUNGAN GERAKAN BELOK								
Lokasi: Simpang <i>Smith Street dan North Road</i>				Pukul: 10.30 sampai 11.00				
Pengamat: <i>Bill Bloggs</i>			Cuaca: terik			Tanggal: <i>30 July 69</i>		
<p><i>Dari Smith Street (Selatan)</i> membelok ke</p>								
North Road (barat)			Smith Street (utara)			North Road (timur)		
Mobil penumpang	Kendaraan barang berat	Kendaraan Umum	Mobil Penumpang	Kendaraan barang berat	Kendaraan Umum	Mobil Penumpang	Kendaraan Barang Berat	Kendaraan Umum
### ##	###	///	### ##	###	###	### ##	###	###
### ///	//		### ##	###	###	### ##	###	###
			### ##	###		### ##	###	
			### ##	//		### //		/
			///			## //		

Gambar 3.4  
Formulir pencatatan kendaraan yang membelok

Dari bentuk itu, dengan menghitung arus lalu lintas dalam periode yang lebih pendek daripada dalam arus per jam, baik dalam satuan kendaraan maupun setiap mobil penumpang, data lebih mudah dikumpulkan dalam diagram, seperti Gambar 3.5. Apabila penghitungan gerak belok dilakukan dengan tujuan pemasangan lampu lalu lintas pada persimpangan yang bersangkutan atau konstruksi bundaran lalu lintas (*construction of a roundabout*), faktor yang dipakai untuk memperoleh smp akan berbeda dengan yang sudah diterangkan terdahulu; yakni sebagai berikut.

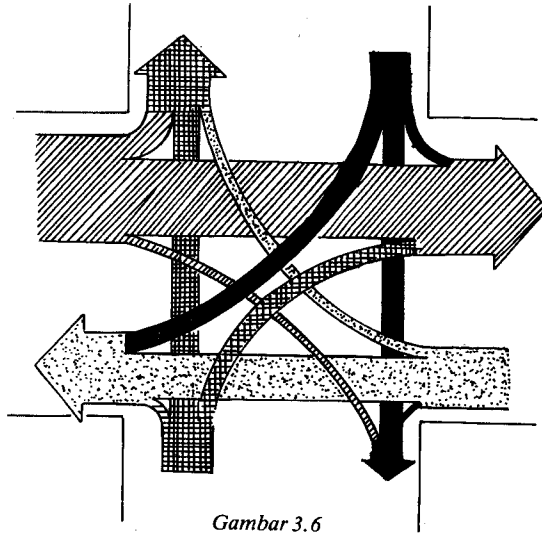
	Lampu lalu lintas	Bundaran lalu lintas
Mobil pribadi/penumpang, kendaraan		
Barang ringan	1.0	1.0
Kendaraan pelayanan umum (KPU)	2.25	2.80
Kendaraan barang berat (KBB)	1.75	2.80



Gambar 3.5  
Gerak belok: diagram angka (bundaran smp/jam)



Bagi gambaran kasar suatu arus lalu lintas dan bagi penyajian data terhadap komite dan sebagainya, penghitungan gerak belok biasanya ditunjukkan dalam bentuk diagram, dengan penggunaan warna untuk membedakan arus pergerakan (Gambar 3.6).



Gambar 3.6  
Gerak belok: diagram arus

Tiap arah panah mempunyai penafsiran yang berbeda.

#### Ringkasan

- (1) Kecepatan di jalan dapat berarti "kecepatan sesaat" atau "kecepatan perjalanan".
- (2) Pengukuran terbaik atas kecepatan sesaat adalah dengan menggunakan radar.
- (3) Pengukuran terbaik atas kecepatan perjalanan adalah dengan teknik "pengamat bergerak" yang sekaligus memperoleh arus lalu lintas pada jalan yang bersangkutan.
- (4) Pertundaan pada persimpangan adalah sangat penting dan sebagian besar disebabkan oleh gerak belok kanan.
- (5) Gerak belok sebaiknya disajikan dalam bentuk gambar agar diperoleh kesan terkuat.

## BAB IV SURVEI LALU LINTAS

### Parkir

Setelah menelaah persoalan lalu lintas bergerak, baik yang bergerak lurus maupun yang membelok, masih ada satu keadaan lalu lintas yang harus diselidiki, yakni lalu lintas berhenti. Setiap perjalanan akan sampai ke tujuan dan bila itu terjadi bagaimana halnya dengan kendaraan? Kendaraan akan diparkir, bahkan kadang-kadang dalam hal tertentu ditinggalkan, tetapi bagaimanapun hal ini adalah persoalan teknik lalu lintas.

Sudah semenjak permulaan abad ke-19 dibuat peraturan berkekuatan hukum bahwa jalan raya milik raja tidak diperkenankan untuk digunakan sebagai lapangan kuda. Kemudian, secara hukum, setiap kendaraan yang berhenti dengan sendirinya merupakan hambatan lalu lintas dan pemiliknya dapat dituntut. Namun sebuah kendaraan tidak dapat berjalan atau bergerak terus-menerus bila ia telah sampai ke tujuan dan harus diparkir, dan pada umumnya, pinggir jalan (*kerb side*) adalah pilihan terdekat. Semakin besar volume lalu lintas di jalan, semakin besar pula kebutuhan pelataran parkir.

### Akibat parkir

Sekalipun hanya beberapa kendaraan yang diparkir sepanjang ruas jalan, kendaraan-kendaraan itu secara efektif mengurangi lebar jalan dan hal itu berarti mengurangi kemampuan tampung arus lalu lintas. Kita katakan kapasitasnya dikurangi. Hanya tiga buah kendaraan mobil yang diparkir pada ruas jalan sepanjang satu kilometer akan secara efektif mengurangi lebar jalan 5.5 m (18 ft) menjadi tinggal 4.6 m (15 ft), yaitu dari jalan yang dibangun untuk standar lalu lintas dua

arah turun menjadi satu arah.

Kementerian perhubungan (*The Ministry of Transport*) menyusun tabel parkir sebagai berikut.

Parkir kendaraan per km (dua sisi jalan)	3	6	30	60	120	300
(kendaraan per mil dalam tanda kurung)	(5)	(10)	(50)	(100)	(200)	(500)
Pengurangan lebar dalam meter (kaki dalam kurung)	0.9 (3)	1.2 (4)	2.1 (7)	2.5 (8½)	3.0 (10)	3.7 (12)
Pengurangan kapasitas pada 24 km/jam (15 mil/jam) (dalam smp/jam)	200	275	475	575	675	800

Sumber: *Urban Traffic Engineering Techniques*, Tabel 7.

Memang, ada beberapa jalur utama yang hanya selebar 4½ m (15 ft) yang menembus kota tua yang sudah lama dibangun. Sebuah mobil barang yang berhenti di luar sebuah toko ketika menurunkan muatan secara efektif mengubah jalan sempit menjadi satu jalur, mengakibatkan satu alur lalu lintas terhenti, dan menyebabkan kemacetan pada areal yang sangat luas.

Oleh karena itu, jelaslah bahwa parkir pada jalan raya harus diatur dan dibatasi. Namun kendaraan harus dimungkinkan untuk berhenti pada suatu tempat di akhir perjalanannya. Oleh karena itu, selalu sebelum usaha mencari suatu penyelesaian, sebuah survei harus dilakukan baik terhadap sumber-sumber parkir maupun terhadap kebutuhan parkir. Hanya dengan demikian suatu tindakan dapat dilakukan.

Sebelum kita berpikir tentang survei parkir secara terperinci, mari-lah kita perhatikan berbagai "permintaan" parkir yang cenderung saling berbenturan:

penumpang/sopir pribadi	-	menghendaki parkir bebas, nyaman bagi kepentingan berbelanja.
pemilik toko	-	menginginkan mudah bongkar muat dan parkir yang menyenangkan bagi pelanggan.
operator kendaraan umum	-	menghendaki jalur bebas/khusus untuk bus agar dapat menepati jadwal waktu.
sopir mobil komersial	-	menginginkan mudah bongkar muat, dan bila pelataran parkir tidak memadai, mereka akan "parkir ganda".
lalu lintas langsung	-	menghendaki tidak ada kemacetan.
petugas parkir	-	menghendaki parkir bebas di mana saja.
ahli perlalulintasan	-	ingin menyenangkan setiap orang dan tetap menjaga kelancaran lalu lintas.

Adalah tugas ahli perlalulintasan mencari keseimbangan antara kepentingan-kepentingan yang berbenturan ini sejauh mungkin. Hal ini dilakukannya dengan menyeimbangkan parkir waktu lama dan parkir waktu pendek. Akan diperhatikannya imbalan parkir di jalan (yakni pada *kerb* atau pinggir) dan parkir di luar jalan di bawah tanah atau bangunan parkir bertingkat, dan menyediakan sesuatu bagi setiap orang.

#### *Inventarisasi pelataran parkir*

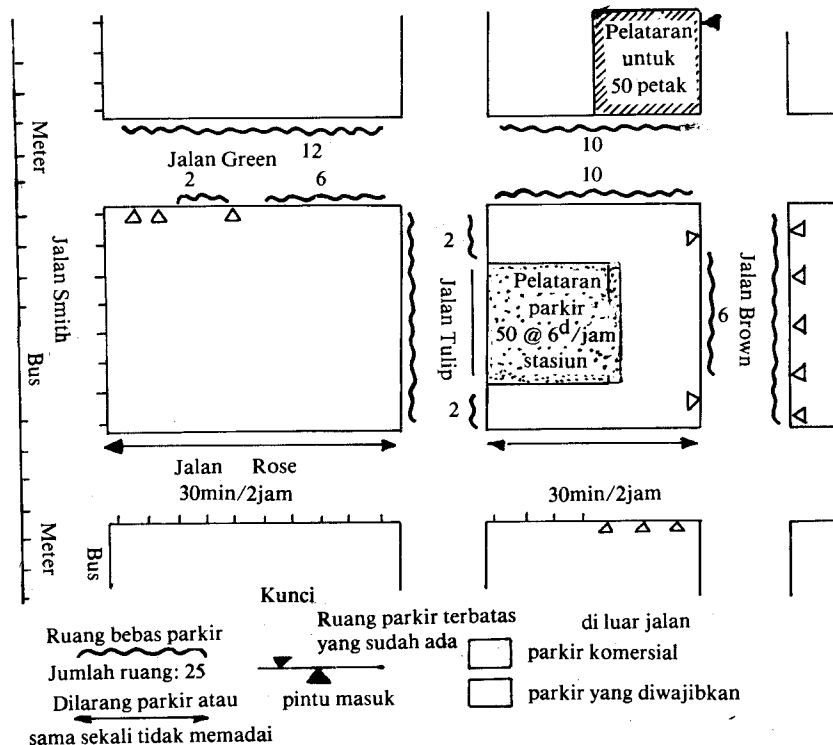
Mula-mula kita perlu menelaah sarana parkir yang telah tersedia di dalam kawasan yang bersangkutan. Pada kebanyakan kota telah diberlakukan pembatasan-pembatasan parkir pada beberapa jalan. Bidang parkir pada pinggir (*kerb*) jalan di suatu kawasan tertentu hendaknya disurvei. Survei ini menyangkut:

- jalan-jalan yang secara resmi diijinkan untuk parkir (dengan atau tanpa batasan waktu).
- tempat-tempat yang secara resmi menerapkan parkir meteran.



- (c) jalan-jalan parkir bebas (yang boleh untuk parkir secara bebas).
- (d) jalan-jalan yang bebas terbatas atau bebas parkir sama sekali.

Dalam menentukan besarnya bidang tempat kendaraan-kendaraan dapat diparkir, selain daripada dalam teluk-teluk jalan yang ber-tanda, setiap enam meter (20 ft) panjang pinggir jalan (*kerb*) hendaknya bebas parkir, seperti tempat pemberhentian bus, jalan masuk atau keluar kendaraan, dan dekat pojok jalan. Parkir di luar jalan pun harus dicatat. Hal-hal itu dapat terdiri atas dua tipe yang harus tetap terpilih.



Gambar 4.1  
Inventarisasi pelataran parkir

- (a) Pelataran parkir bagi masyarakat luas:
  - i). bebas atau membayar;
  - ii) satu tingkat atau bersusun;
  - iii) milik pemerintah atau swasta.
- (b) Pelataran parkir bagi orang-orang tertentu:
  - Parkir untuk pegawai suatu kantor atau perusahaan, parkir khusus bagi pembelanja pada suatu toko tertentu.

Tentu saja perlu diketahui berapa banyaknya bidang atau petak parkir dalam pelataran yang bersangkutan.

Apabila inventarisasi pelataran parkir telah selesai, yang terbaik adalah menyajikannya secara diagramatis pada sebuah peta atau sket-sa. Salah satu cara yang dimaksudkan itu disajikan pada Gambar 4.1.

#### Telaah penggunaan parkir

Setelah ditentukan banyaknya bidang parkir yang dapat digunakan dalam suatu areal kemudian kita perlu menentukan kebutuhan bidang parkir dan sebab-sebab kebutuhan itu. Pertama, penghitungan kendaraan yang diparkir di dalam area dapat dilakukan. Antara pukul 8.00 dan 18.00, pada kurun (interval) setengah jam, sebuah sirkuit dibuat sekeliling blok -- seluruh area dibagi-bagi menjadi blok-blok dengan ukuran yang serasi agar memungkinkan jalan berkeliling dalam waktu kurang dari setengah jam -- untuk mencatat jumlah semua kendaraan. Hanya angka-angka dalam "nomor" pendaftaran (nomor kendaraan) yang perlu dicatat, karena tidak seharusnya dua kendaraan dalam area yang kecil akan diberi nomor sama. Penghitungan melalui nomor registrasi (nomor kendaraan) akan dicatat pada formulir seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2.

Perluasan survei ini pada area parkir adalah dengan menggunakan pita rekaman (*tape recorder*) dengan cara si pengamat bergerak perlahan-lahan sekeliling zone dengan mobil/kendaraan. Daftar nomor kendaraan yang sudah direkam harus segera dicatat pada sore harinya. Nomor kendaraan tidak selalu mudah dilihat dari tempat kendaraan pengamat. Oleh karena itu, yang terbaik adalah melakukan survei dengan jalan kaki, tanpa kerumitan!

Selanjutnya yang diperlukan adalah "mengolah" data yang telah direkam dalam lembar pencatatan itu. Setiap kendaraan dianggap

WILAYAH KOTA NEWTON													
SURVAI PENGGUNAAN PARKIR													
Hari : <i>Selasa</i>							Blok : <i>C5</i>						
Pengamat: <i>Bill Bloggs</i> Cuaca: <i>Cerah</i> Tanggal: <i>10 Juli 69</i>													
Waktu:													
0800	0830	0900	0930	1000	1030	1100	1130	1200	1230	1300	1330		
763 180	763 542 180	763 890 321 542 345	763 890 244 321 642 558	739 250 244 890 278 642 558 341 321	739 861 250 890 278 642 558 341 321	739 861 250 890 278 642 558 341 321	739 861 250 890 278 642 558 341 321	861 275 802 640 782 890 563 326 825 333 321 927 650 927 134	275 802 640 782 890 563 326 825 333 321 927 650 927 134	2 2 2 1 8 3 3 3 3 3 2	541 802 333 843 978 180	541 802 333 843 978 180	2 6 3 5 3
2	3	6		8	9	13	15	12	12	5	4		

Gambar 4.2  
Bentuk pencatatan survei penggunaan parkir

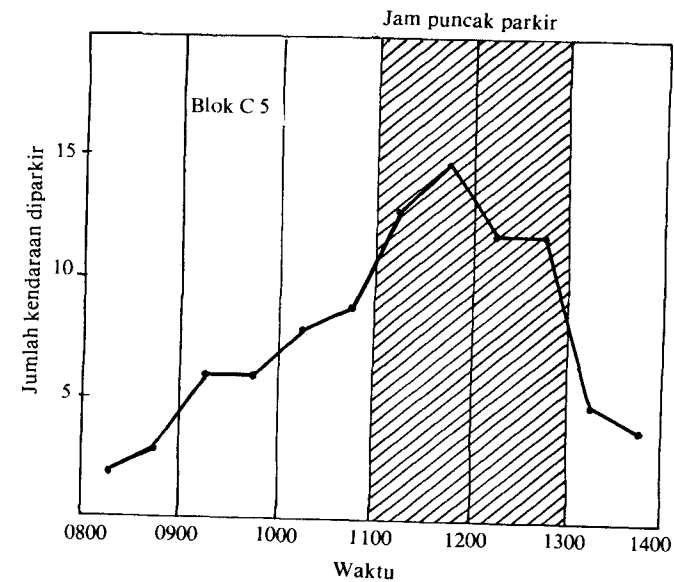
hanya diparkir sekali selama setengah jam penuh; apabila dua kali, berarti satu jam penuh, dan seterusnya. Mungkin sekali terjadi ketidaktepatan karena kendaraan yang diparkir 5 menit atau 25 menit akan dianggap parkir setengah jam, namun hal ini tidak mengurangi arti tujuan utama.

Hasil pertama daripada survei data ini adalah grafik jumlah kendaraan yang diparkir setiap jam sepanjang hari dan daripadanya da-

pat dilihat jam puncak parkir (Gambar 4.3). Gambaran pada grafik ini diperoleh hanya dengan menghitung jumlah yang dicatat dalam setiap setengah jam. Dengan mencocokkan jumlah, kita mungkin bisa menghitung saat setiap kendaraan tetap diparkir dalam area, yaitu diukur dalam satuan setengah jam. Selanjutnya, kita dapat menyusun berapa kali kendaraan diparkir dan dari sini dapat diketahui ("paling umum" dalam contoh ini) lamanya parkir.

Lebih dari itu, masih dari berkas survei yang sama dapat dihitung jumlah kendaraan yang diparkir per jam, angka yang sangat penting apabila diketahui penerapan biaya parkir secara komersial.

Penghitungan-penghitungan seyogyanya ditunjukkan dengan tabulasi dan sebagainya dengan formulir khusus pencatatan survei. Mo-



Gambar 4.3  
Survei parkir: kendaraan diparkir/waktu per hari

bil 763, misalnya, keberadaannya dicatat pada pukul 08.00, tercatat lagi 08.30, 09.00, dan 09.30. Yang keempat adalah yang terakhir. Dengan melacak pada daftar catatan, 763 ditandai sekali, dua kali, tiga kali dan angka "4" bukannya ditandai melainkan dimasukkan dalam kolom 09.30. Sama halnya, kendaraan 183 yang telah diikuti selama 08.00, 08.30 dan berakhir pada 09.00 ditandai dengan "3".

Hasil tabulasi yang direkam pada Gambar 4.2 disajikan seperti Gambar 4.4, yaitu semua kendaraan yang tergolong "1" dicatat di bawah "banyaknya parkir tercatat 1", kendaraan golongan "2" di bawah kolom "2", dan seterusnya. Kemudian, seperti telah dijelaskan setiap kendaraan yang "tampak" dianggap masuk golongan parkir setengah jam. Dari sini dihitung lamanya kendaraan diparkir seperti tersebut di atas. Penghitungan terakhir "jam kendaraan parkir" (*parked vehicle-hours*) adalah hanya menggandakan angka lama parkir dengan jumlah kendaraan.

#### Tabulasi

Banyaknya parkir yang tercatat	¼	1	1½	2	2½	3	3½	4
Lama (jam)	1	2	3	4	5	6	7	8
Jumlah kendaraan	5	7	7	7	1	1	0	2
Jam kendaraan parkir	2½	7	10½	14	2½	3	0	8

Jumlah 47½ jam kendaraan parkir.

$47\frac{1}{2}$  jam kendaraan  $\times$  1/- per jam = £ 2.7.6 pendapatan (hampir tidak cukup untuk membangun bangunan parkir bertingkat seharga £ 100.000,- tetapi, tentu saja, hal ini tidak diharapkan. Tabulasi hanya menunjukkan penggunaan Gambar 4.3).

Lama puncak parkir = 1 sampai 2 jam yang berarti parkir "sementara" (*peak parking duration*).

Gambar 4.4  
Tabulasi: kegunaan survei parkir

Penghitungan yang lebih bermanfaat kini dapat dilakukan dari data terkumpul, bersama-sama dengan hasil inventarisasi pelataran parkir. Ini adalah jumlah kendaraan yang diparkir dibagi dengan jumlah petak pelataran parkir yang tersedia, dinyatakan dalam persentasi, yang dikenal sebagai *indeks parkir*.

Anggaplah bahwa terhitung ada 14 petak parkir di blok C.5.

Jumlah kendaraan yang diparkir dapat dinyatakan sebagai persentasi sebagai berikut:

- Waktu	8.00	8.30	9.00	9.30	10.00	10.30	11.00	11.30 dst.
- Jumlah kendaraan parkir di blok C.5	2	3	6	6	8	9	13	15
- Indeks parkir berdasarkan kapasitas 14 kendaraan	14.3	21.5	43	43	57	64	93	107

#### Alasan kebutuhan parkir

Kita dapat dengan cepat membuat penilaian kasar atas alasan-alasan kebutuhan parkir, dengan menggunakan telaah kegunaan parkir seperti yang telah dipaparkan. Bila sebuah survei dilakukan pada hari kerja biasa, Jumat barangkali hari terbaik<sup>\*\*</sup>; puncak kebutuhan parkir secara umum dapat dinilai. Telaah lebih lanjut dilakukan pada kawasan yang sama pada pukul 18.00. Dengan survei ini akan diketahui kebutuhan ruang parkir nyata pada kawasan permukiman. Penggunaan parkir yang dihitung pada awal akhir hari kerja (*early closing day*) akan menjadi ukuran kebutuhan parkir perumahan dan pekerjaan, sementara penghitungan pada sore hari Sabtu (di Indonesia hari Minggu) akan memberikan gagasan yang beralasan atas kebutuhan parkir pada kawasan permukiman dan perbelanjaan. Dengan proses penambahan dan pengurangan berbagai angka ini, setiap alasan kebutuhan perorangan dapat dinilai.

Penilaian yang lebih tepat atas alasan kebutuhan parkir tentu saja dapat dilakukan dengan cara wawancara langsung. Begitu kendaraan

\* Arti indeks 107 persen adalah bahwa satu kendaraan telah diparkir dua kali atau diparkir pada bidang yang tidak cukup untuk parkir, barangkali pada bagian "dilarang parkir"

\*\* Untuk Indonesia, pemilihan hari Jumat tentu kurang tepat; yang terbaik barangkali hari Kamis (pen.).

diparkir di kawasan yang diteliti, pewawancara segera mengajukan beberapa pertanyaan yang relevan. Namun cara ini sangat memakan waktu dan mahal. Pilihan lain, sebuah kartu pos berperangko yang berisi pertanyaan singkat dimasukkan ke dalam setiap kendaraan yang diparkir. Tanggapan yang diperoleh biasanya sangat sedikit, dan seperti telah dibahas dalam survei A-T, barangkali sangat kabur.

#### Menentukan kebutuhan parkir

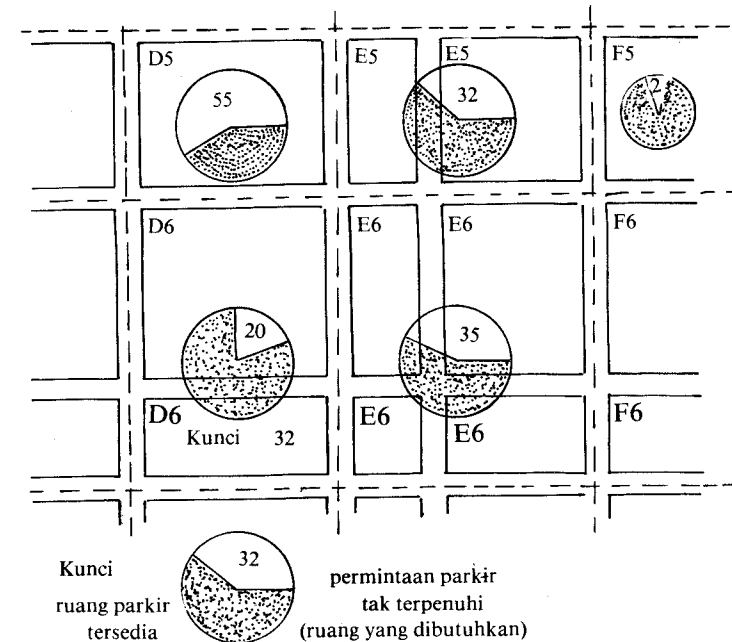
Walaupun kita telah menghitung jumlah kendaraan yang diparkir pada suatu kawasan, hal ini bukanlah indikasi kebutuhan ruang parkir yang sesungguhnya. Banyak orang ternyata parkir kendaraannya jauh dari tempat yang mereka ingin hanya karena kesulitan memperoleh tempat parkir. Yang lain mungkin menggunakan kendaraan umum hanya karena ketiadaan fasilitas parkir yang memadai. Lalu bagaimana kita menentukan kebutuhan ruang parkir yang sebenarnya?

Walaupun beberapa ukuran kebutuhan sesungguhnya atas ruang parkir dapat diperoleh dengan menghitung jumlah kendaraan yang memasuki suatu kawasan atau dengan wawancara langsung dengan pengemudi kendaraan yang diparkir, cara-cara ini sangat memakan waktu, mahal, dan sukar disimpulkan. Barangkali cara yang terbaik, dalam beberapa keadaan, adalah menggunakan angka kebutuhan yang sudah ditabulasi untuk lahan yang berbeda-beda. Tabel berikut telah disarankan sebagai dasar perkiraan kebutuhan parkir pada kota-kota di Inggris.

#### 1 petak parkir per

Guna lahan	Karyawan + pengunjung atau luas lantai	
Industri	2	—
Gudang	2	—
Toko	7	23.5 m <sup>2</sup> (250 sq. ft) luas kawasan
Kantor	2	—
Hotel	2	3 tempat tidur
Biro perjalanan	—	1 tempat duduk
Motel	—	1 kamar
Rumah makan	5	6 tempat duduk
Bioskop	—	10 tempat duduk
Rumah sakit	2	2 tempat tidur
Rumah	—	1 rumah tinggal

Ukuran lingkaran menunjukkan skala (pendekatan) jumlah kebutuhan parkir di zone yang bersangkutan.



Gambar 4.5  
Persentasi kebutuhan parkir

#### Penilaian persentase kebutuhan parkir

Pada saat kebutuhan parkir telah dinilai dan inventarisasi ruang parkir telah dilakukan, hasilnya, seperti biasa, harus disajikan dalam ragam yang sudah dipadu. Salah satu cara adalah membagi suatu kawasan kota dalam blok-blok atau distrik dan memperlihatkan kebutuhan dan "sediaan" dengan skema perbelanjaan (Gambar 4.5). Cara lain, indeks parkir rata-rata tiap zone dapat dihitung dan peta kota diwarnai untuk menunjukkan indeks-indeks. Namun cara ini, walaupun berguna bagi ahli perlalulintasan, tidak begitu berarti bagi orang awam.

Dari data yang telah dikumpulkan mungkin saja kita sampai pada satu kebijaksanaan parkir di suatu kota; kita akan membahasnya lebih terperinci.

#### *Ringkasan.*

- (1) Parkir tidak terkendali secara langsung mengurangi kapasitas suatu jalan.
- (2) Inventarisasi ruang parkir yang dapat digunakan harus dilakukan.
- (3) Penggunaan ruang parkir hendaknya diukur dan cara terbaik adalah dengan menggunakan indeks parkir.
- (4) Kebutuhan atas ruang parkir tidak sama dengan penggunaan atas ruang parkir. Penilaian terbaik adalah melalui penelaahan guna lahan.
- (5) Penyajian dengan skema perbelanjaan (*pie-chart*) adalah cara terbaik untuk menunjukkan kenyataan kepada panitia.

## **BAB V PENGENDALIAN LALU LINTAS**

### *Arus Lalu Lintas*

Dengan telah dilaksanakannya survei dan pengukuran arus lalu lintas, kita harus memperhatikan apa yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kondisi bagi pemakai jalan. Seperti telah diketahui, tugas para ahli perlalulintasan adalah meningkatkan arus lalu lintas dalam keadaan paling nyaman, aman, dan murah. Untuk mengerti prinsip-prinsip yang ada di dalamnya, kita pertama kali harus mengenal konsep *kapasitas*.

### *Kapasitas*

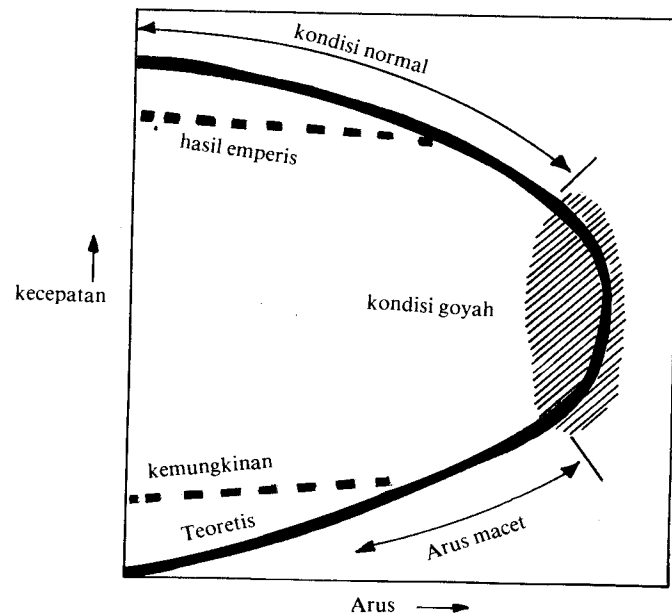
Kapasitas suatu mangkuk pengukur (misalnya yang berukuran kecil atau seperempat) adalah satu ukuran botol bir. Kapasitas suatu pelataran atau taman parkir sungguh sangat mudah diukur. Kapasitas sebuah pipa penyalur air yang menyalurkan bir masuk mangkuk agak lebih sulit mengukurnya; hal ini tergantung tidak hanya pada ukuran pipa, tetapi juga kekuatan yang kita gunakan untuk memompa atau mendorong bir melalui pipa itu. Dan bisa dicatat bahwa kapasitas di sini diukur tidak sekedar dalam pengertian kuantitas, tetapi kualitas per jam atau per menit (lama waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi mangkuk). Sama halnya seperti di atas, kapasitas suatu jalan tergantung pada lebarnya (ukuran pipa) dan juga pada kecepatan lalu lintas (kekuatan menekan pipa).

Bayangkanlah seruas jalan yang tertutup bagi semua kendaraan kecuali sebuah. Kendaraan ini dapat dipacu sepanjang ruas jalan itu secepat yang diinginkan oleh pengemudi. Sekarang kita bayangkan eks-

trem yang lain, yaitu seruas jalan yang dipadati oleh kendaraan. Mereka hanya bisa maju sangat lambat, memacetkan lalu lintas. Kapasitas optimum suatu jalan jelas berada di antara dua ekstrem itu.

Dengan demikian, kapasitas praktis suatu jalan dapat dinyatakan sebagai: jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati sebuah titik (menyeberangi sebuah seksi) pada jalan dengan kondisi yang ada dalam satu jam, tanpa kepadatan lalu lintas yang sedemikian besar sehingga menyebabkan hambatan, bahaya, atau halangan terhadap pengemudi. Diakui, kriteria ini sangat kabur dan tidak tepat.

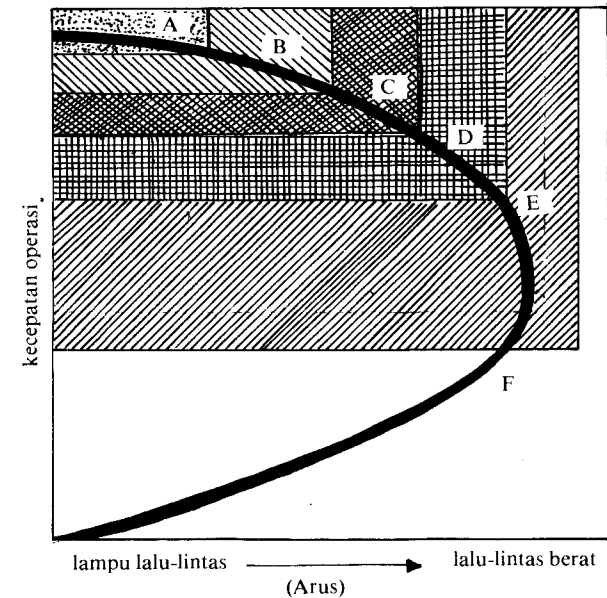
Oleh karena kita mengukur kapasitas dalam unit kendaraan (smp) per jam, maka dengan mengingat kembali kondisi kemacetan lalu lintas, kita dapat mengerti bahwa arus kendaraan sepanjang suatu jalan akan berkurang begitu kecepatan menurun dikarenakan lalu lintas berlebihan. Hal ini digambarkan dengan baik melalui grafik (Gambar 5.1) hubungan kecepatan arus.



Gambar 5.1  
Kecepatan - hubungan arus lalu lintas

### Derajat pelayanan

Di Amerika berbagai macam hubungan kurva kecepatan arus diklasifikasikan sebagai "derajat pelayanan". Jelasnya, pada jalur jalan yang baik, dengan kapasitas tinggi dan digunakan hanya oleh sedikit kendaraan, kendaraan-kendaraan ini akan merasakan kondisi jalan sangat baik. Ini adalah derajat pelayanan tertinggi, A. Begitu lalu lintas meningkat, kecepatan akan menurun, para pengemudi akan merasakan jalan semakin berjubel, dan frustrasi kemudian meningkat. Akhirnya, begitu suatu volume lalu lintas mencapai -- dan diharapkan tetap dapat lewat -- kapasitas jalan, derajat pelayanan jatuh pada derajat terendah, F, atau kondisi "arus seret" (*forced flow*) (Gambar 5.2).



Gambar 5.2  
Tingkat Pelayanan

"Derajat pelayanan" menawarkan kondisi seruas jalan sebagai sepotong jalan, tetapi hendaknya diingat bahwa contoh-contoh khusus ini berlaku bagi jalan kendaraan bermotor di kota dan jalan luar kota

dan bukan untuk jalan-jalan di dalam kota atau jalan lokal.

Di Inggris, kapasitas praktis diusulkan oleh Menteri Perhubungan (*The Ministry of Transport*), dengan menggunakan patokan yang berbeda untuk kondisi kota dan desa. Kapasitas jalan kota dinyatakan dalam arus lalu lintas pada jam puncak atau jam sibuk, sementara untuk jalan pedesaan digunakan terminologi rata-rata arus hari-hari dalam bulan Agustus (hari yang digunakan adalah selama 16 jam sejak pukul 06.00 sampai pukul 22.00, yang meliputi 93% dari arus 24 jam).

<i>Derajat pelayanan</i>	<i>Kondisi arus lalu lintas</i>	<i>Kecepatan kendaraan</i>
A	bebas hambatan	95 km/jam ( 60 mil/jam)
B	arus stabil	90 - 95 km/jam (55 - 60 mpj)
C	arus stabil	80 - 90 km/jam (50 - 55 mpj)
D	arus stabil	65 - 80 km/jam (40 - 50 mpj)
E	arus tidak stabil	50 km/jam (30 mpj)
F	arus seret	di bawah 50 km/jam (di bawah 30 mpj)

Angka kapasitas yang sekarang digunakan di Inggris adalah:

(a)	Jalan motor di kota, 2 × 7.3 (24 ft) jalur lintasan, 65 km/jam (40 mpj)	3.000 smp/jam/ satu arah
(b)	7.3 m (24 ft) lebar jalan untuk guna ganda, 50 km/jam (30 mpj) bebas parkir, persimpangan baik.	1.200 smp/jam/ arus dua arah
(c)	Jalan kota yang ada, 7.3 (24 ft) lebar, bebas hambatan, 30 km/jam (20 mpj).	600 - 750 smp/jam/ arus dua arah
(a)	Jalan motor luar kota, 2 × 7.3 m (24 ft) jalur lintasan, 110 km/jam (70 mpj).	33.000 smp/jam/ arus dua arah
(b)	Jalan desa, 7.3 m (24 ft) lebar, 80 km/jam (50 mpj), kesejajaran baik, pandangan baik.	9.000 smp/jam/ arus dua arah
(c)	Jalan desa yang ada, 7.3 m (24 ft) lebar, tanpa peningkatan pada persimpangan, 65 km/jam (40 mpj).	6.000 smp/jam/ arus dua arah

Adalah tugas para ahli perlalulintasan untuk menjamin agar jalan-jalan yang tersedia dipergunakan pada kapasitas yang tertinggi dan dengan tingkat pelayanan tertinggi pula. Jelaslah, bila suatu jalan baru dirancang, maka lalu lintas yang diharapkan terjadi menjadi ukuran utama untuk menetapkan lebar jalan, kesejajaran, dan sebagainya. Namun pada umumnya jalan, baik di luar maupun di dalam kota, tumbuh "begitu saja", seperti Topsy. Lebar jalan pada beberapa kota tua ditentukan bukan oleh lalu lintas yang diperkirakan menggunakannya melainkan oleh batas-batas tanah milik pribadi di kanan kirinya. Lebar jalan pada masa lalu, bila dispesifikasikan sama sekali, telah ditentukan berdasarkan standar tanpa tempat untuk jalan mobil. Beberapa jalan dirancang khusus dan "cukup lebar untuk prajurit berkuda yang membawa tombaknya melintang di atas pelana". Jalan lain dikhususkan agar cukup lebar bagi kuda dan kereta ditambah jalur bagi para petani perempuan berjalan tanpa terkotori bajunya. Dan karena garis bangunan pada saat itu adalah juga sisi jalan (tidak ada jarak antara jalan dan bangunan), mengakibatkan jalan di kota-kota masa kini terasa sempit dan hal ini menyulitkan para ahli perlalulintasan.

#### *Pengelolaan lalu lintas*

Kita akan membahas usaha merancang jalan baru bagi lalu lintas kemudian dalam buku ini. Pada tahap ini kita akan membahas bagaimana penggunaan yang terbaik atas jalan yang ada. Kita lakukan ini dengan *pengelolaan lalu lintas*.

Teknik utama pengelolaan lalu lintas relatif tidak mahal. Banyak di antaranya adalah dengan cara "garis cat putih pada jalan" dengan tujuan menuntun para pengemudi, mengarahkan, dan mencegahnya agar tidak menjadi gangguan bagi pengendara lain.

Cara-cara umum yang biasa dilakukan adalah:

- sistem jalan satu arah,
- arus pasang,
- peraturan perparkiran,
- tanda-tanda jalan dan teknik kanalisasi,
- rambu-rambu jalan,
- semboyan-semboyan lalu lintas,
- minor, misalnya: peningkatan penjajaran jalan.

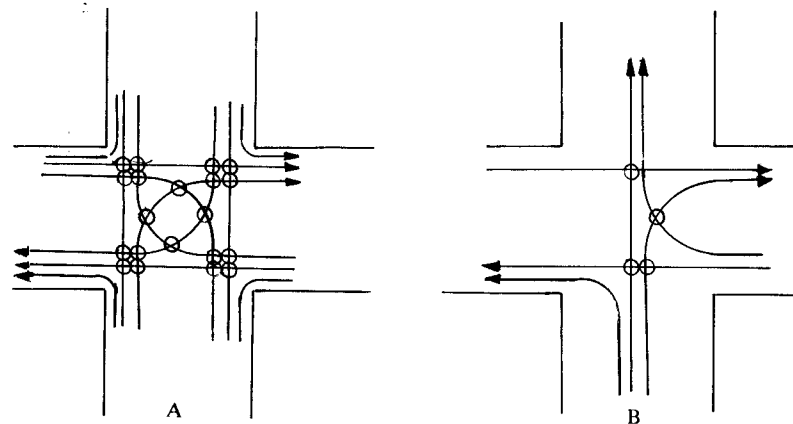


(Rambu-rambu lalu lintas pada persimpangan akan dibahas secara terperinci dalam bab berikutnya, sedangkan teknik kanalisasi dan peningkatan penjarangan jalan lebih baik dimasukkan sebagai bagian subjek rancangan lalu lintas, bukan bagian pengendalian lalu lintas).

#### *Sistem satu arah dan arus pasang*

Salah satu cara yang paling efektif untuk meningkatkan kapasitas suatu jalan adalah membuatnya menjadi jalan satu arah. Telah dibuktikan bahwa jalan satu arah paling tidak mampu menampung 50% lalu lintas lebih daripada apabila jalan itu beroperasi lalu lintas dua arah. Dengan mengambil dua jalan sejajar dan menggunakannya masing-masing untuk lalu lintas satu arah (dalam arah yang berlawanan) kapasitas kedua jalan itu meningkat sangat tinggi. Dengan mengadakan cukup jalan simpang, dan kedua jalan satu arah tidak terlalu jauh terpisah, waktu perjalanan seringkali dapat dipersingkat, arus lalu lintas akan ditingkatkan, dan dampak tambahan lain adalah bahwa kecelakaan jadi berkurang.

Untuk melihat sebab terjadinya pengurangan kecelakaan ini, kita harus memperhatikan apa yang terjadi di persimpangan-persimpangan. Di mana pun arus lalu lintas memotong arus yang lain, di sana-

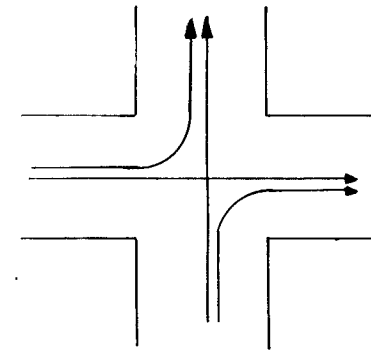


A.  $2 \times 2$  alur jalan, 20 titik konflik

B.  $1 \times 2$  alur jalan /  $1 \times 1$  jalur, 5 titik konflik

Gambar 5.3  
Titik konflik

lah tempat kemungkinan terjadi kecelakaan. Titik potong ini disebut *titik konflik*. Dengan mengurangi sebuah jalan dua arah berpotongan dengan sebuah jalan satu arah, jumlah titik konflik berkurang dari 20 menjadi hanya 5 titik, seperti digambarkan pada Gambar 5.3. Sudah barang tentu, bila kita dapat memperluas sistem jalan satu arah lebih jauh, seperti pada persimpangan tersebut di atas, jumlah titik konflik akan berkurang lagi menjadi hanya sebuah (Gambar 5.4). Tidak hanya jumlah kecelakaan yang dikurangi, melainkan juga mengurangi hambatan pergerakan pada persimpangan, dan karena itu arus lalu lintas ditingkatkan. Kita akan kembali membahas titik konflik dalam pasal persimpangan.



Gambar 5.4

Titik konflik:  $2 \times 1$  alur jalan, satu titik konflik

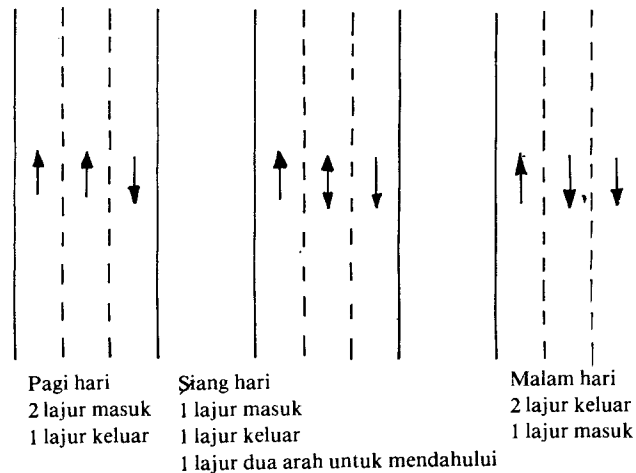
Secara ringkas keuntungan dan kerugian jalan satu arah adalah sebagai berikut.

Keuntungan	Kerugian
(i) Meningkatkan kapasitas	(i) Mungkin kurang menyenangkan bagi lingkungan permukiman.
(ii) Kendaraan bergerak lebih cepat.	(ii) Jarak perjalanan lebih jauh - tetapi sering lebih cepat.
(iii) Mengurangi jumlah titik konflik.	(iii) Mungkin sedikit mengurangi angka penjualan pada kegiatan perdagangan sepanjang lintasan.

- |  |   |
|--|---|
| (iv) Gangguan oleh kendaraan yang keluar masuk parkir pada pinggiran jalan berkurang.<br><br>(v) Terbuka kemungkinan menggunakan lampu lalu lintas bersambung (ganda) ( <i>linked traffic signs</i> ).<br><br>(vi) Tidak mahal untuk dilaksanakan dan secara cepat akan terbayar dengan sendirinya karena penghematan waktu. | (iv) Bus kadang-kadang jadi kurang nyaman dan perjalanan lebih jauh (tetapi diimbangi dengan peningkatan keteraturan).<br><br>(v) Pejalan tidak harus searah dengan lalu lintas kendaraan bila berjalan di luar kerb. |
|--|---|

Keuntungan-keuntungan jelas lebih banyak daripada kerugian-kerugiannya.

Teknik yang sama dapat diterapkan bagi lalu lintas ulang alik. Pada banyak kota besar akan terjadi arus lalu lintas masuk yang jauh lebih besar pada pagi hari dan arus lalu lintas keluar pada sore hari. Sebuah jembatan berlajur tiga dapat menampung karakter lalu lintas seperti ini dengan menyediakan dua lajur bagi arus lalu lintas masuk pada pagi hari dan dua lajur bagi arus lalu lintas keluar pada sore



**Gambar 5.5**  
Arus puncak pada jembatan tiga lajur

hari. Pada ruas jalan yang lebih panjang dan lebih lebar, proses yang sama dapat diterapkan, tetapi kemudian ada persoalan dalam penggantian saat lajur yang diperuntukkan bagi perubahan arah arus lalu lintas ini harus dapat dibebaskan atau dikosongkan sebelum arus balik diberlakukan. Perkembangan cara ini bisa diterapkan pada jembatan-jembatan kecil dengan menyediakan jembatan itu sepenuhnya bagi arus pasang atau lalu lintas puncak satu arah; misalnya: semua lajur untuk satu arah, perubahan arah arus dilakukan pada waktu yang berbeda; tetapi hal ini dapat dilaksanakan apabila ada jembatan lain yang berdekatan untuk arus lawan (Gambar 5.5).

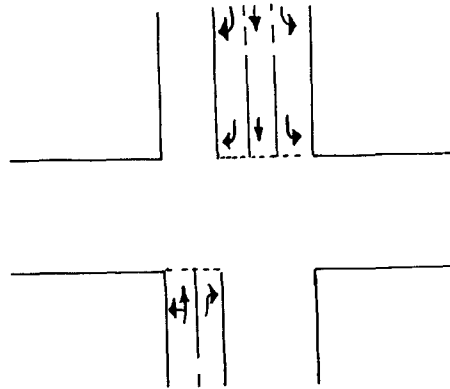
#### *Peraturan parkir*

Kita telah mengetahui, pada bab sebelum ini, bagaimana kendaraan-kendaraan yang diparkir sepanjang sebuah jalan dapat mengurangi daya tampung atau kapasitas jalan itu. Guna meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan, maka suatu metode yang berdaya guna tinggi adalah melarang parkir atau bebas parkir. Tentu saja hal yang sangat penting dalam setiap pembatasan parkir adalah memperhitungkan kebutuhan waktu tunggu sementara, sebagai ganti parkir, bagi kendaraan-kendaraan barang untuk bongkar muat. Hanya pada jalan-jalan yang sangat sempit di dalam kota kendaraan dilarang berhenti, karena hal ini akan mengganggu operasi perdagangan secara wajar. (Periksa pula ulasan pada jalan bebas hambatan pada Bab 7).

#### *Tanda-tanda jalan*

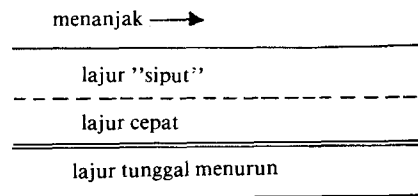
Setiap orang yang pernah memperhatikan arus lalu lintas ulang-alik selama jam puncak dan membandingkannya dengan arus lalu lintas pada jam sepi tentu sadar akan peningkatan arus lalu lintas yang dapat diturunkan dari pengetahuannya atas lintas yang bersangkutan. Para pengulang alik tahu kapan harus bergeser dari lajur tengah ke sisi pinggiran agar berada pada lajur yang benar untuk mencapai bundaran (*roundabout*); mereka tahu sisi jalan mana yang akan berpotongan di sudut jalan; mereka tahu lintas yang lebih jauh namun lebih cepat untuk menghindari kemacetan pada kawasan pertokoan. Bila ahli perlalulintasan dapat setidaknya mengarahkan lalu

lintas bukan ulang-alik dengan cara itu - jelas dan mudah dimengerti sementara perjalanan berlangsung - maka arus lintas akan lebih baik. Mula-mula dan cara yang paling jelas untuk melakukan ini adalah dengan menggambarkan jalur belok pada ruas jalan mendekati persimpangan (Gambar 5.6).



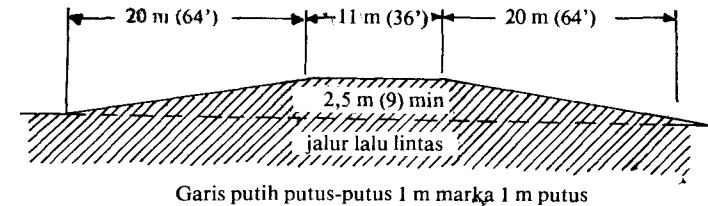
Gambar 5.6  
Tanda-tanda jalan pada persimpangan

Pada jalan-jalan yang lebar, dan juga pada bundaran, peningkatan arus yang banyak dilakukan adalah dengan membuat tanda garis putus-putus, misalnya boleh menyeberang namun menunjuk arah optimum. Mengingat kendaraan-kendaraan besar yang berjalan lambat akan memperlambat gerak seluruh lalu lintas, terutama pada tanjakan atau turunan, pembuatan garis putih atau tanda-tanda pada jalan-jalan yang naik turun sangat diperlukan. Tanda-tanda itu juga diperlukan pada setiap jalan yang sempit, lajur "siput" (*crawler lane*) untuk kendaraan-kendaraan berat, lajur cepat, dan lajur khusus atau tunggal bagi lalu lintas turun (Gambar 5.7).



Gambar 5.7  
Marka jalan untuk lajur "siput"

Demikian pula bus, karena geraknya yang lamban dan kebiasaan "berhenti berangkat" selama perjalanannya pada jalan-jalan yang macet di kota, menghasilkan pengaruh yang sama seperti yang dihasilkan oleh kendaraan-kendaraan berat atas arus lalu lintas. Ini semua tidak akan kurang dari ukuran minim seperti ditunjukkan pada Gambar 5.8. Walaupun demikian, pada banyak jalan yang ada sekarang tidaklah mungkin mengadakan ruang khusus untuk bus. Pada banyak kota suatu alternatif percobaan telah dilakukan, yaitu membuat jalur khusus untuk bus, misalnya dengan membuat tanda yang melarang penggunaannya selain bus. Jalur khusus bus, walaupun mempersempit atau mengurangi lebar lintasan, tetapi mencegah bus memasuki lajur lalu lintas utama, kecuali untuk keperluan menyiapkan kendaraan yang diparkir di tepi jalan.



Garis putih putus-putus 1 m marka 1 m putus

Gambar 5.8  
Perberhentian bus: ukuran minimum

### Rambu-rambu

Pada kenyataannya rambu-rambu adalah pengembangan sistem tanda-tanda jalan. Telah disebutkan bahwa jalan terbaik untuk berkendaraan memasuki suatu kota adalah naik kendaraan umum atau mengajak teman yang tahu segala sesuatu perihal "geografi" kota yang bersangkutan. Rambu-rambu baru memberi tahu pada pengemudi perihal tempat atau kota yang bersangkutan. Rambu-rambu pada masa kini cukup besar, mudah dibaca, tanpa pengemudi perlu memalingkan perhatiannya dari jalan, dan pada hakikatnya menghindarkan salah pengertian. Di Inggris, Kementerian Perhubungan (*The Ministry of Transport*) mengeluarkan peraturan dan panduan ukur-

an rambu-rambu, penempatan, ukuran huruf, dan sebagainya, yang didasarkan pada perhitungan yang logis terhadap kecepatan kendaraan, waktu baca, dan lain-lain.

#### *Ringkasan*

1. Kapasitas jalan adalah fungsi kecepatan dan lebar jalan.
2. Arus yang bermacam-macam sepanjang sebuah jalan dilayani pada "tingkat pelayanan" yang berbeda pula.
3. Kapasitas dapat ditingkatkan dengan teknik pengelolaan lalu lintas.
4. Sistem jalan satu arah dapat meningkatkan kapasitas sampai 50% dan mengurangi kecelakaan.
5. Cat putih pada jalan (tanda-tanda jalan) mengubah tabiat pengemudi untuk membiasakan diri seperti kebiasaan para pengulang alik.

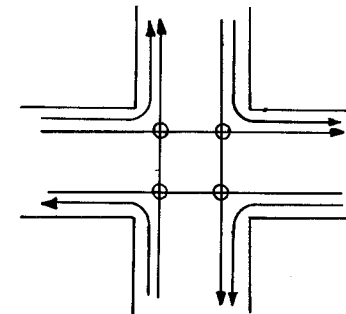
## **BAB VI PENGATURAN LALU LINTAS**

### *Pada Persimpangan*

Telah jelas dari bab-bab sebelumnya bahwa persimpangan menempati proporsi utama dalam hal hambatan perjalanan. Oleh karena itu, perbaikan persimpangan akan mengurangi hambatan dan meningkatkan kapasitas dan tentu saja akan mengurangi banyaknya kecelakaan.

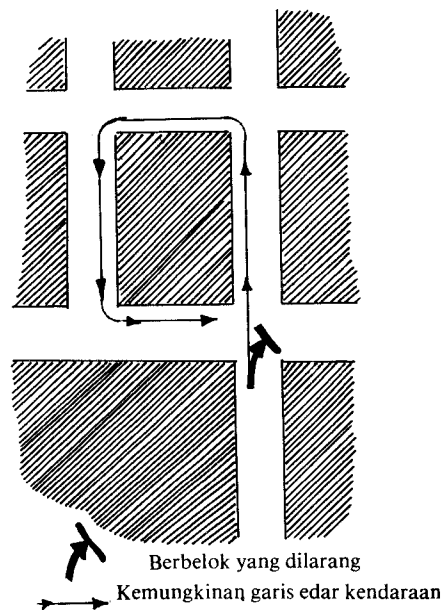
### *Dilarang belok kanan*

Periksalah kembali diagram yang memperlihatkan konflik bila lalu lintas dua arah berpotongan (Gambar 5.3). Bila semua yang belok kanan dilarang, banyaknya titik konflik berkurang sangat banyak, tinggal empat buah (Gambar 6.1). Titik-titik tidak hanya berarti potensi tempat terjadinya hambatan.



*Gambar 6.1*

Titik-titik konflik dengan larangan belok kanan 4 titik konflik (lingkaran)



Gambar 6.2

Larangan belok kanan dengan cara tiga kali belok kiri

Ada dua atau tiga kemungkinan cara penerapan larangan belok kanan dan tetap memenuhi atau sesuai dengan kebutuhan lalu lintas. Tiap-tiap cara mempunyai faedah dalam keadaan-keadaan tertentu. Barangkali cara yang paling efektif, bila keadaan memungkinkan, adalah dengan cara tiga kali langsung belok kiri, seperti penggunaan jembatan Semanggi bagi jalan kendaraan bermotor. Pada banyak kawasan kota dengan jalan-jalan kecil dapat digunakan pola semanggi (Gambar 6.2)

### Semboyan lalu lintas

Titik-titik konflik pada suatu persimpangan dapat lebih banyak dikurangi lagi dengan menggunakan semboyan-semboyan lalu lintas. Lalu lintas dipisah-pisahkan berdasarkan waktu, seperti penggunaan jembatan layang atau jalan silang bukan ruang. Hambatan disebabkan

oleh penggunaan semboyan, tetapi pada umumnya hambatannya lebih singkat daripada tanpa semboyan.

Semboyan lalu lintas dapat pula dilakukan oleh polisi lalu lintas dengan semboyan tangan, tetapi cara ini tidak ekonomis dalam pengertian tenaga manusia. Pengaturan lalu lintas adalah suatu pekerjaan untuk setiap saat, yang sebaiknya dapat dilakukan dengan mesin.

Semboyan lalu lintas pertama di dunia - jenis semboyan bendera berhenti atau jalan, dengan lampu gas merah dan hijau di waktu malam - dipasang di London pada tahun 1868. Lampu-lampu ini meledak beberapa bulan setelah pemasangan dan hal itu terjadi bertahun-tahun sebelum jenis semboyan lain dioperasikan. Lampu lalu lintas merah, kuning, hijau yang kita ketahui sekarang, yang dikembangkan dari sistem Amerika, dipasang pertama kali di Eropa di kota London pada tahun 1932. Sebelumnya, lampu lalu lintas otomatis Amerika dipasang dengan sistem waktu yang tetap, sementara di Inggris lampu lalu lintas menggunakan sistem diatur oleh kendaraan. Perbedaan sistem ini masih tetap ada, Amerika tetap menyukai sistem waktu tetap dan Inggris lebih luwes tergantung pada kendaraan.

Agar berhasil guna atau efektif, sistem semboyan lalu lintas harus memenuhi empat tuntutan pokok, yaitu:

- |                     |   |
|---------------------|---|
| (i) Perhatian       | : semboyan harus merangsang atau menarik perhatian: beberapa kali ulangan semboyan mungkin sekali diperlukan dan semboyan barangkali perlu dilatarbelakangi dengan warna hitam atau hitam dan kuning agar menyolok. |
| (ii) Bermakna       | : makna atau arti semboyan harus cukup jelas dan tidak menimbulkan keraguan. Merah untuk semboyan <i>berhenti</i> dan hijau untuk semboyan <i>jalan</i> telah dipahami secara universal (kecuali di Cina).          |
| (iii) Waktu tanggap | : di Inggris (juga di Indonesia) hal ini dilakukan dengan semboyan warna kuning.  |
| (iv) Patuh          | : semboyan-semboyan harus dipatuhi oleh para pemakai jalan.   |

Di Inggris makna lampu lalu lintas dan kepatuhan padanya dipertinggi dengan pembakuan rancangan dan urutan. Pembakuan urutan dan maknanya adalah sebagai berikut:\*

Merah	berarti <i>berhenti</i> .
Merah/Kuning	masih berarti "berhenti" tetapi menganjurkan "siap jalan"
Hijau	<i>jalan</i> , setelah aman untuk melakukannya.
Kuning	<i>berhenti</i> , kecuali bila berbahaya untuk melakukannya.

sebagai tambahan, kurun merah/kuning pada saat ini telah ditetapkan selama 2 detik dan kurun kuning selama 3 detik.

#### Lampu lalu lintas waktu tetap

Seperti telah dikemukakan, lampu lalu lintas waktu tetap tidak terlalu banyak digunakan di Inggris (dan itu adalah kebijaksanaan resmi untuk memberlakukan secara menyeluruh), meskipun cara itu sangat populer di negara lain. Pada dasarnya, kurun waktu ditetapkan berdasarkan telaah arus lalu lintas, bagi setiap tenggang (*phase*) siklus semboyan, dan lampu-lampu diatur agar bekerja berdasarkan urutan waktu tetap itu tanpa memperhatikan naik turunnya (fluktuasi) arus lalu lintas. Tentu saja, urutan tetap itu dapat diatur secara otomatis, dengan jam pengatur atau sakelar biasa.

#### Keuntungan

- Murah
- Mudah pemeliharaannya
- Dapat disesuaikan ke dalam jaringan persemboyanan.

#### Kerugian

- Kaku menyebabkan hambatan/penundaan yang tidak perlu.
- Karena itu, persimpangan tidak dimanfaatkan sesuai dengan kemampuannya pada saat sepi.

\* Di Indonesia (pen):

Merah - berhenti

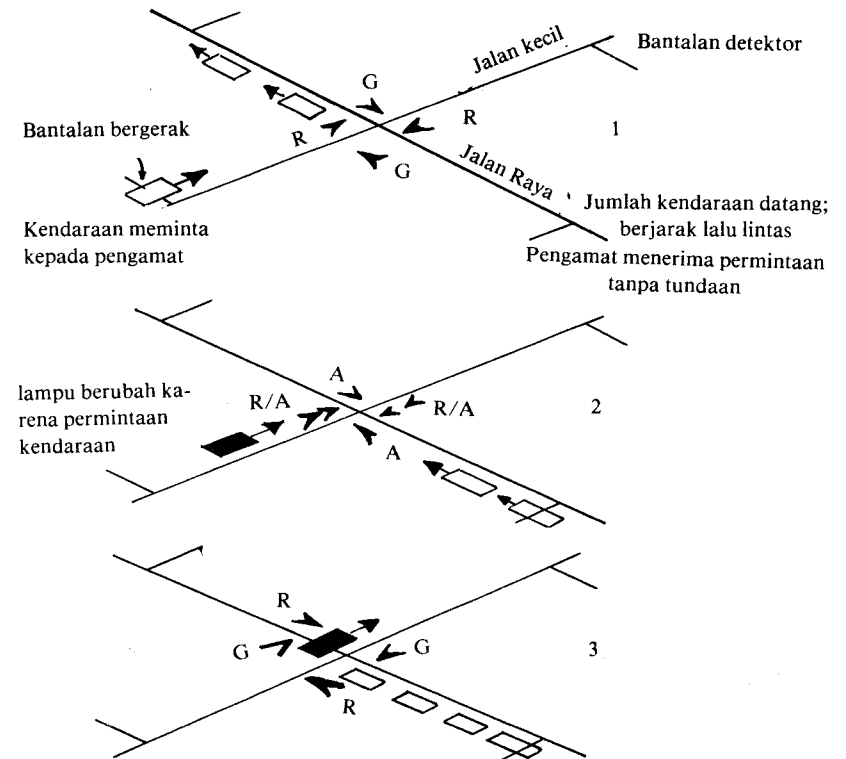
Kuning - berhenti, kecuali bila berbahaya untuk melakukannya

Hijau - jalan, setelah aman untuk melakukannya.

Letak dan ukuran masih belum dibakukan.

#### Lampu lalu lintas diatur kendaraan

Seperti sebutannya, semboyan-semboyan diatur langsung berdasarkan kebutuhan lalu lintas. Setiap kendaraan berjalan melewati bantalan detektor yang memberitahukan "kebutuhan" ini ke kotak "pengatur". Apabila tidak ada kendaraan pada jalan simpangan, pengatur



Lalu-lintas jalan raya berhenti untuk memberi kesempatan lalu-lintas jalan kecil menyeberang.

Bila hanya ada satu kendaraan (permintaan) dari jalan kecil, lampu akan tetap hijau selama *kurun hijau minimum*. Bila kendaraan kedua masuk dalam kurun tersebut, akan ada *tambahan waktu* bagi setiap permintaan. Bila permintaan ini berjalan terus, lampu jalan kecil akan tetap hijau sampai ada permintaan dari jalan raya, setelah itu permintaan *kurun hijau maksimum* akan berlalu sebelum lampu jalan raya menyala hijau.

Gambar 6.3

Cara kerja lampu lalu lintas diatur kendaraan

lampu akan menyalakan warna "hijau" bagi kendaraan yang sedang mendekati persimpangan, dan pada saat yang sama lampu merah menyala untuk lalu lintas dari arah yang berpotongan. Lampu "hijau" kemudian akan tetap menyala bagi kendaraan yang akan melewati persimpangan sampai ada permintaan atau kebutuhan dari arah lain. Sekalipun demikian, bila lalu lintas atau kendaraan telah lewat, pengatur melayani permintaan, menunggu tenggang waktu bagi kendaraan atau lalu lintas dari arah lain, dan baru kemudian nyala lampu berubah warna. Apabila ada kendaraan kedua yang mengikuti kendaraan pertama, kendaraan kedua tetap mendapat giliran melintas dan pengatur tetap menyalakan lampu hijau hanya cukup waktu bagi kendaraan kedua itu untuk melintas. Bila lalu lintas cukup banyak meminta "hijau" pada kedua jalur jalan, seperti misalnya pada jam sibuk, pengatur akan menyalakan "tenggang waktu hijau maksimum" pada setiap jalur. Dengan demikian, semboyan akan bekerja menurut waktu tetap dengan efektif, dan seperti kita ketahui, pengaturan lampu lalu lintas dan penundaan berdasarkan hal itu (Gambar 6.3).

#### Beberapa definisi

Implikasi sistem ini lebih lanjut, dan untuk mengerti istilah yang digunakan dalam sistem itu, definisi berikut akan digunakan:

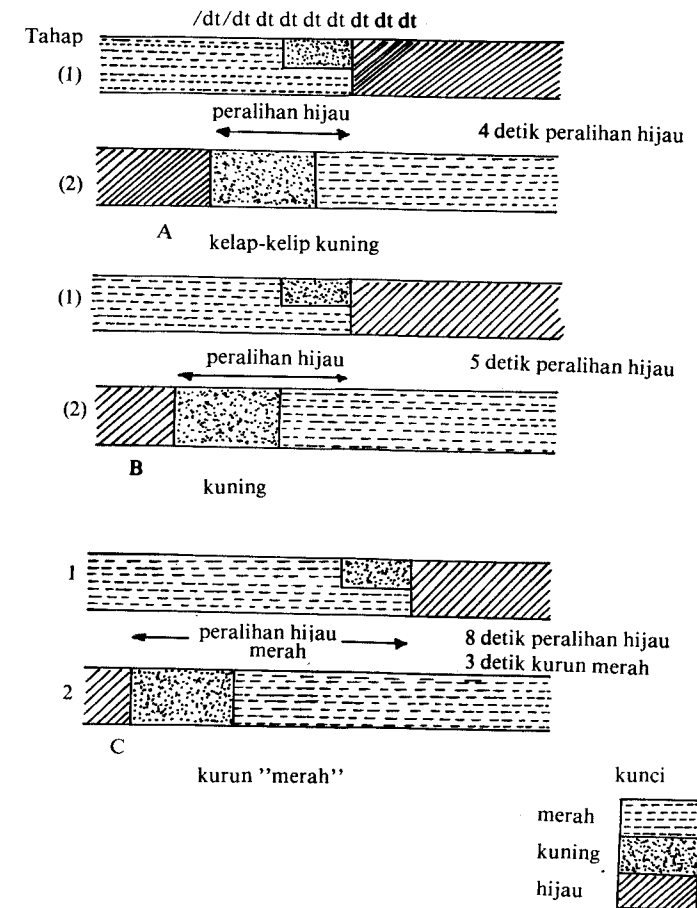
**Kurun Hijau Minimum:** kurun waktu tersingkat bagi kendaraan boleh berjalan yang cukup lama bagi kendaraan yang berhenti pada garis berhenti, untuk mulai bergerak dan melintas persimpangan.

**Kurun Perpanjangan:** setiap kendaraan lain setelah yang pertama melintas bantalan detektor mencatatkan kebutuhan tambahan waktu dan seringkali kecepatan kendaraan itu pun tercatat. Alat pengamat kemudian menambah kurun hijau minimal selama waktu cukup (tergantung pada kecepatan kendaraan yang bersangkutan) bagi kendaraan itu melewati persimpangan.

**Kurun Hijau Maksimum:** diawali sejak kurun hijau sementara kendaraan dari arah lain menunggu atau diawali sejak kendaraan pertama selama tahap menunggu.

**Kurun Antara:** selang waktu antara lampu hijau mati sampai menyala kembali.

Agar suatu persimpangan bebas dari lalu lintas, baik dalam sistem "waktu tetap" maupun dalam sistem "diatur kendaraan", mungkin saja mengubah kurun antara, yang biasanya minimum 4 menit, sampai termasuk kurun "semua merah", seperti diagram pada Gambar 6.4.



Gambar 6.4  
Urutan nyala lampu lalu lintas

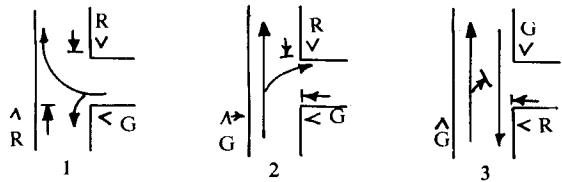
#### Lalu lintas membelok

Lampu lalu lintas lurus jangan mengacaukan lalu lintas belok dan semua persoalan yang menyertainya. Lalu lintas belok kanan tetap dapat "memacetkan" lalu lintas pada persimpangan walaupun ada lampu lalu lintas, jika tidak disesuaikan dengan kebutuhan perge-

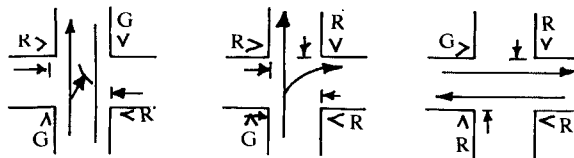
rakan. Ada dua cara penanggulangan bagi lalu lintas belok dan satu cara lagi sebagai perkembangan kedua cara dasar, yakni:

- (a) berangkat lambat (*late start*),
- (b) pemutusan lebih awal (*early cut-off*), dan
- (c) penggunaan kurun "semua merah"  
(*the "all red" periode evolves*)

Bila perlu, cara pertama dan kedua dapat digabung, tetapi bila harus memilih salah satu, maka cara kedua yang terbaik. Untuk lebih jelas, dinyatakan dengan diagram Gambar 6.5.



berangkat lambat



pemutusan lebih awal

Gambar 6.5  
Kerja lalu lintas pada persimpangan sibuk

#### Tata kerja semboyan lain

Berbeda dengan tata kerja semboyan umumnya, yang menggunakan variabel kurun hijau untuk membebaskan kendaraan belok kanan, ada beberapa penggunaan dan tata kerja semboyan lain. Berikut ini adalah yang terpenting:

**Panah penyaring.** Cara ini yang biasanya menggunakan panah hijau,

digunakan untuk mengizinkan lalu lintas belok kiri, misalnya pada simpang T, tetapi pada saat ini lebih banyak digunakan untuk mengizinkan lalu lintas yang bergerak lurus atau belok kanan.

**Lampu penyeberangan pejalan.** Percobaan "jalan X" (*X-way*) telah dikembangkan menjadi penyeberangan "pilihan" yang menggunakan lampu kedip sebagai tahap peralihan pada saat para pejalan mendapat prioritas tetapi dengan peringatan bahwa waktu hampir "habis".

#### Penghitungan semboyan lalu lintas

Sebagaimana telah dijelaskan, penghitungan membutuhkan instalasi lampu lalu lintas pada persimpangan yang didasarkan pada tata kerja waktu tetap. Alasannya adalah bahwa pada keadaan arus lalu lintas maksimum sistem semboyan apa pun akan mengikuti tata kerja waktu tetap.

Salah satu faktor penting dalam menghitung semboyan adalah **arus jenuh** menjelang persimpangan. Arus jenuh adalah arus maksimum yang dapat melewati persimpangan dari satu arah tanpa gangguan semboyan. Arus jenuh dari suatu arah ditentukan oleh penghitungan, misalnya, selama 5 detik setelah seorang polisi atau semboyan yang ada mengizinkan lalu lintas atau kendaraan berhenti untuk maju (karena itu waktu terhambat diabaikan) dan melanjutkan penghitungan sampai saat kendaraan "lepas buntut".

Bila, oleh sesuatu sebab, arus jenuh tidak dapat diukur, maka persimpangan biasa dapat dinilai dengan pedoman yang dikeluarkan oleh Kementerian Perhubungan sebagai berikut.

Lebar mendekati persimpangan melampaui 5.20 m (17 ft) : 525 smp/jam/meter lebar  
160 smp/jam/ft lebar

Lebar jalan mendekati persimpangan sampai dengan 5.20 m (17 ft):

Lebar (m)	3.05	3.35	3.65	3.95	4.25	4.60	4.90	5.20
(ft)	10	11	12	13	14	15	16	17

Arus Jenuh  
(smp/jam) 1850 1875 1900 1950 2075 2250 2475 2700

Khusus untuk persimpangan-persimpangan yang baik (bebas pandangan, dan sebagainya), angka-angka itu hendaknya ditambah 20%. Untuk persimpangan buruk (tanjakan, pandangan kurang bebas, dan sebagainya) angka-angka itu hendaknya dikurangi 15%.



Perlu diingatkan bahwa arus jenuh dinyatakan dalam satuan smp/jam. Nilai smp bagi semboyan lalu lintas hendaknya seperti yang telah dinyatakan dalam Bab 3, seperti:

Mobil penumpang dan kendaraan barang ringan . . . . .	1,00
Kendaraan barang berat . . . . .	1,75
Kendaraan angkutan umum . . . . .	2,25

Apabila terdapat cukup banyak lalu lintas belok kanan, lajur kira-kira selebar 2,5 m (8 ft) untuk belok kanan akan mengurangi besarnya arus jenuh.

Lalu lintas yang benar-benar menggunakan persimpangan, sepanjang waktu, jelas sedikit kurang daripada arus jenuh  $s$ . Apabila arus normal  $q$  telah diketahui, juga dalam smp/jam, maka angka banding (ratio) arus normal dengan arus jenuh dapat diturunkan sebagai nilai  $y$ , yaitu:

$$y = q/s$$

Nilai  $y$  yang lebih besar, misalnya, dari arah utara dan selatan ditambahkan pada nilai maksimum dari dua arah yang lain (pada persimpangan empat biasa) mana akan didapat nilai  $Y$ , yakni:

$$Y = \sum y \text{ maks}$$

Pada kenyataannya akan terlihat bahwa nilai  $Y$  adalah ukuran (menunjukkan) kemacetan pada persimpangan.

Satu-satunya faktor lain yang diperlukan untuk menghitung siklus waktu maksimum (*the optimum cycle-time setting*) untuk memasang semboyan adalah "waktu hilang" ( $L$ ), yaitu lama waktu satu siklus penuh pada saat tidak ada kendaraan. Hal ini dilakukan tidak hanya waktu merah semua dan waktu merah/merah/kuning tetapi juga sebagian waktu persiapan jalan (*starting-up*) dan persiapan berhenti (*tailing-off*) yang terjadi pada saat perubahan warna lampu. Waktu yang terbuang dihitung dari rumus:

$$L = 2n + R$$

$n$  = banyaknya fase (misalnya: pada simpang empat yang sederhana US, BT = 2 fase)

$R$  = waktu semua merah atau waktu merah/merah/kuning dalam detik

( $L$  dapat pula didefinisikan sebagai jumlah kurun waktu hijau dikurangi satu detik setiap hijau (*intergreen*)).

Dari faktor itu, Laboratorium Penelitian Jalan di Inggris telah menentukan bahwa *waktu siklus optimum*  $S_o$  adalah sebagai berikut.

$$S_o = \frac{1.5 + 5}{1 - Y} \text{ detik}$$

(Waktu siklus optimum terjadi karena jumlah hambatan minimum).

Kemudian, pengaturan semboyan hijau akan dibuat proporsional terhadap nilai  $y$  pada setiap arah, dengan waktu hilang yang diperkenankan.

$$\frac{Y_1}{y_2} = \frac{g_1 + 1}{g_2 + 1}$$

Waktu hijau diperoleh langsung dari rumus berikut:

$$g_1 = \frac{y_1(C - L)}{Y} - 1 \text{ detik}$$

$$g_2 = \frac{y_2(C - L)}{Y} - 1 \text{ detik}$$

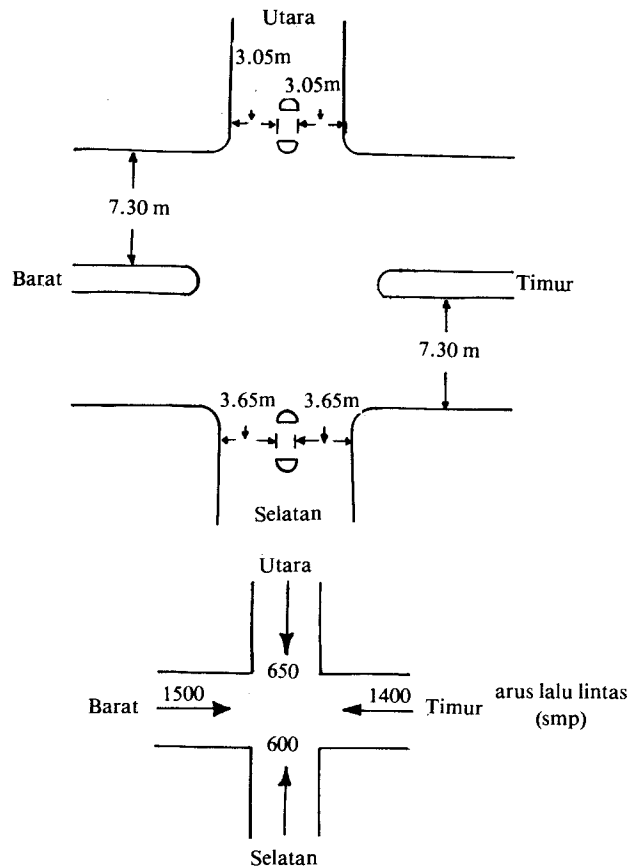
### Contoh

Dengan mengetahui bagaimana penghitungan pengaturan lampu lalu lintas dibuat, marilah kita lihat contoh khusus. Perhatikan suatu simpang empat seperti dalam Gambar 6.6. Tanpa mengukur arus jenuh nyata, hal ini dapat dinilai dari lebar dan data di muka. Arus lalu lintas dari keempat arah telah diketahui dan dinyatakan dalam smp/jam.

Anggaplah bahwa lampu lalu lintas diatur dalam 5 detik hijau pada satu fase dan 6 detik hijau pada fase yang lain, maka 2 detik plus 3 detik waktu hilang pada merah/merah/kuning. Jadi:

$$L = 2n + R = 2 \times 2 + (2 + 3) = 9 \text{ detik}$$

atau  $(5 - 1) + (6 - 1) = 9$  detik yang berasal dari jumlah setiap kurun hijau yang dikurangi satu.



Gambar 6.6  
Contoh penghitungan semboyan lalu lintas

Pendekatan	U	S	T	B
$q$ (smp)	650	600	1400	1500
$s$ (smp)	1850	1900	$7.30 \times 525$ $= 3850$	3850
$q/s = y$	0.35	0.315	0.365	0.39
Maks. $y$		0.35		0.39
$Y$			$0.35 + 0.39 = 0.74$	

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - Y}$$

$$= \frac{1.5(9) + 5}{1 - 0.74} = \frac{13.5 + 5}{0.26} = \frac{18.5}{0.26}$$

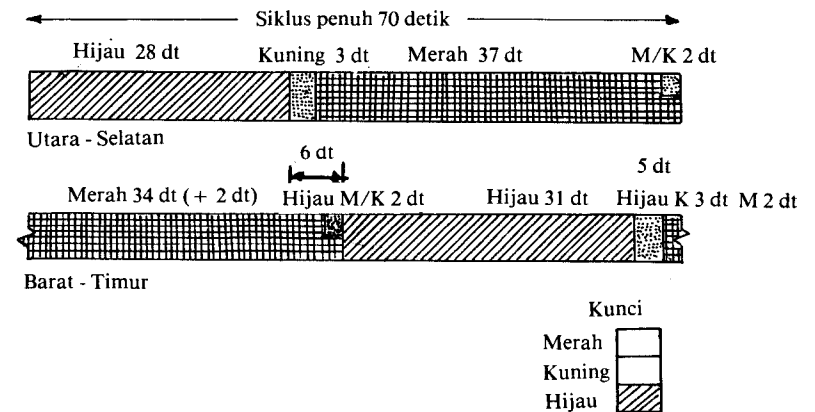
$$= 70 \text{ detik}$$

Pengaturan semboyan:

$$g_1 = \frac{y_1(C - L)}{Y} - 1 = \frac{0.35(70 - 9)}{0.74} - 1 = 28 \text{ detik (US)}$$

$$g_2 = \frac{y_2(C - L)}{Y} - 1 = \frac{0.39(70 - 9)}{0.74} - 1 = 31 \text{ detik (BT)}$$

Pengaturan ini, secara diagram, ditunjukkan dengan Gambar 6.7.



Gambar 6-7  
Contoh pengaturan lampu lalu lintas

### Tundaan pada lampu lalu lintas

Laboratorium Penelitian jalan telah menghitung bahwa hambatan atau tundaan yang diakibatkan lalu lintas terhadap kendaraan, dalam detik, kurang ialah:

$$d = 0.9 \frac{s(c-g)^2}{2c(s-q)} + \frac{1800qc^2}{gs(gs-qc)}$$

$d$  = tundaan per kendaraan dalam detik

$c$  = waktu siklus dalam detik

$c$  = kurun waktu hijau

$q$  = arus kendaraan dalam kpj (kendaraan per jam)

$s$  = arus jenuh dalam kpj

Perlu diingat bahwa dalam rumus tundaan baik  $q$  maupun  $s$  diukur dalam satuan kpj bukan smp/j. Oleh karena  $q$  akan khusus dihitung pada persimpangan yang bersangkutan, maka tidak ada kesukaran untuk memperoleh angka kpj. Apabila kemudian nilai  $q$  dalam smp/j dibagi dengan nilai  $q$  dalam kpj hasilnya adalah apa yang disebut *faktor smp* dan akan berkisar antara angka 1.10 dan 1.35. Arus jenuh  $s$  dalam satuan kpj dapat diperoleh dengan membagi nilai  $s$  dalam smp/j dengan faktor smp.

Jadi, dengan menganggap faktor smp sebesar 1.2,  $q$  dari arah utara persimpangan sebesar 580 kpj dan  $s$  sebesar 1650 kpj, tundaan di arah utara persimpangan adalah:

$$\begin{aligned} d &= 0.9 \left[ \frac{1650(70-28)^2}{2 \times 70(1650-580)} + \frac{1800 \times 580 \times 70^2}{28 \times 1650(28 \times 1650 - 580 \times 70)} \right] \\ &= 0.9 \left[ \frac{1650 \times 1700}{150,000} + \frac{1800 \times 580 \times 4900}{46,000 \times 5400} \right] \\ &= 0.9 (19.4 + 20.6) \\ &= 0.9 \times 40 \\ &= 36 \text{ detik} \end{aligned}$$

Penghitungan yang sama dapat dilakukan untuk tundaan pada persimpangan dari arah lain. Hasil angka-angka ini sangat dibutuhkan untuk dipergunakan dalam penilaian ekonomis guna mendukung anggaran perencanaan persimpangan.

### Lampu lalu lintas terpadu

Pada jalan searah, bila semboyan lalu lintas waktu tetap dipergunakan, mungkin sekali dipasang lampu-lampu lalu lintas sedemikian rupa sehingga memungkinkan kendaraan-kendaraan yang bergerak dengan kecepatan yang ditetapkan akan tepat lampu hijau pada tiap persimpangan. Kejadian ini disebut "gelombang hijau". Usaha mengatur gelombang hijau bagi kedua arah pada jalan dua arah akan menemui beberapa kesulitan. Sekalipun demikian, dalam hal tertentu, gelombang hijau dua arah masih mungkin dilakukan pada semboyan waktu tetap, dengan beberapa penyesuaian.

Perkembangan terakhir dari lampu lalu lintas terpadu, misalnya yang fleksibel penuh, ditentukan kendaraan dan semboyan lalu lintas komputer (sekarang ini digunakan di London Barat), yang dikendalikan dengan komputer dari New Scotland Yard. Sebagaimana yang pernah terjadi dengan semboyan lalu lintas yang pertama, West London Area Control System ini pun adalah jenis yang pertama di dunia, (Amerika mempunyai banyak jenis yang serupa, tetapi tidak sebuah pun yang diatur kendaraan, jadi agak kurang maju).

### Ringkasan

1. Tundaan dan kecelakaan dikurangi serta daya tampung atau kapasitas ditingkatkan dengan larangan belok kanan.
2. Lampu lalu lintas — yang diperkenalkan di Inggris tahun 1868 — dapat merupakan semboyan waktu tetap atau ditentukan kendaraan. Polisi Inggris hanya mengenakan semboyan yang ditentukan kendaraan.
3. Lalu lintas belok dikendalikan dengan sistem lampu lalu lintas "pemutusan lebih awal" (*early cut-off*) dan "berangkat lambat" (*late start*).
4. Perkembangan terakhir persemboyanan lalu lintas adalah kawasan pengendalian komputer (*area computer control*) - yang digunakan di London.

## BAB VII PENGENDALIAN LALU LINTAS

### *Parkir*

Dengan mengetahui (menghitung) besarnya kebutuhan ruang parkir di pusat kota, maka perlu ditentukan bagaimana caranya menyediakan atau mengadakan ruang parkir itu. Pada dasarnya fasilitas parkir dapat berada:

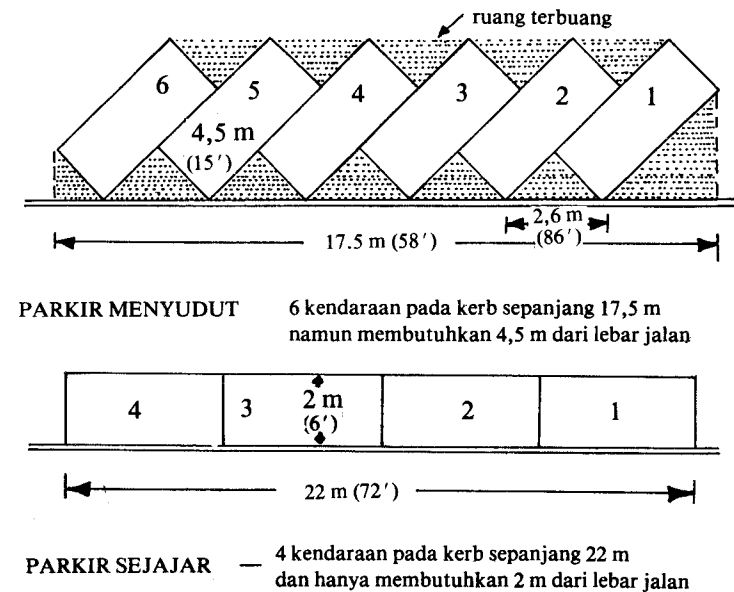
- di jalan,
- di luar jalan.

Berbicara parkir di luar jalan mengandung pengertian pelataran atau taman parkir, dengan persoalan tata letaknya, dan bangunan parkir bertingkat. Kedua macam parkir, pelataran dan bangunan bertingkat, menyangkut penanaman modal yang cukup besar (walaupun dalam kasus pelataran parkir hanya menyangkut nilai tanah), maka kita akan membahas parkir di luar jalan pada Bab *Perancangan Lalu Lintas Parkir*. Parkir di jalan atau pada bahu jalan menyangkut anggaran yang relatif kecil dan pada bagian terbesar adalah masalah pengaturan lalu lintas, dan akan kita bahas berikut ini.

### *Parkir menyudut atau sejajar?*

Di Inggris, parkir pada bahu jalan pada umumnya sejajar, walaupun di negara lain, parkir menyudut  $45^\circ$  pada bahu jalan telah diijinkan. Walaupun demikian, kini disadari bahwa parkir menyudut lebih nyaman bagi para pengemudi, membutuhkan lebih sedikit ruang untuk gerak keluar masuk, namun tampaknya menyebabkan lebih banyak kecelakaan. Di Chicago, beberapa tahun lalu, parkir menyudut dilarang dan parkir sejajar telah dilembagakan. Laju kecelakaan ternyata menurun 63%.

Secara ekonomis pun permukaan jalan yang tidak dapat digunakan untuk parkir menyudut ternyata lebih luas daripada parkir sejajar — kurang lebih 50%. Jadi, dengan telah diyakininya bahwa parkir sejajar akan mengurangi kapasitas jalan, jelaslah bahwa parkir menyudut mengurangi kapasitas lebih banyak lagi (Gambar 7.1). Parkir menyudut, bila diproyeksikan ke permukaan jalan akan menyita jalan selebar  $4\frac{1}{2}$  m (15 kaki), sedangkan parkir sejajar menyita 2 m (6-7 kaki). Parkir menyudut hanya memberi keuntungan waktu bila berada di tengah-tengah pelataran luas, jalan yang sepi lalu lintas, atau mungkin di dalam alun-alun (*city-square*). Namun jalan-jalan yang cukup lebar memungkinkan parkir menyudut, dengan lalu lintas sedikit tanpa menyebabkan banyak kecelakaan, jumlahnya sangat sedikit.



Gambar 7.1  
Parkir di jalan: menyudut dan sejajar

### *Biaya parkir*

Parkir di jalan disukai oleh para pemilik toko dan pengemudi. Tidak demikian halnya parkir yang jauh terpisah dari pusat pembelanjaan.

Meskipun demikian, parkir di jalan perlu dilihat dari sudut pandangan ekonomi. Apabila dipandang perlu memperlebar jalan di dalam kota untuk menyediakan pelataran parkir, jumlah biaya, termasuk harga tanah, penanaman modal, dan peningkatan biaya pemeliharaan, akan meliputi lima sampai enam kali biaya yang dibutuhkan bila dibandingkan dengan menyediakan pelataran parkir dengan luas yang sama dalam bangunan parkir bersusun. (Faktor ini didasarkan atas telaah di Pitsburg, USA, namun tidak ada alasan untuk menganggap bahwa nisbah biaya akan berbeda-beda di negeri ini).

Jadi dapatlah diinsafi, dari hal-hal yang telah disinggung di atas maupun sebelumnya, bahwa parkir di bahu jalan tidak perlu ditiadakan melainkan dikendalikan. Namun bagaimana caranya?

#### *Di mana parkir diatur?*

Keputusan pertama yang harus diambil *di mana* dan *kapan* parkir diijinkan. Pilihannya yakni:

- di mana dan kapan kendaraan tidak diijinkan menunggu (kecuali hanya menaikkan dan menurunkan penumpang);
- di mana dan kapan kendaraan diijinkan memuat dan menurunkan barang;
- di mana dan kapan parkir kendaraan diijinkan, bila perlu, diatur biaya dan waktunya.

Pada kawasan pertokoan atau perbelanjaan yang menghadap jalan sempit, lalu lintas padat dan jalan masuk atau akses yang sempit untuk bongkar muat, maka harus diberlakukan larangan kendaraan menunggu. Dengan demikian, kapasitas jalan akan ditingkatkan walau karena itu kenyamanan bagi kegiatan perdagangan dikurangi. Bila pada jalan yang sama tidak memiliki akses untuk bongkar muat sedangkan untuk memberlakukan larangan kendaraan menunggu dipandang tidak praktis, maka hanya pilihan kedua (b) yang jelas dapat diterima. Pada jalan-jalan, di depan pertokoan, yang lebarnya  $10\frac{1}{2}$  m (35 ft), parkir di salah satu sisi atau kedua sisi bisa saja diijinkan. Pada jalan yang sedikit lebih kecil namun lalu lintas cukup sepi parkir di salah satu sisi atau kedua sisi bisa diijinkan. (Di Inggris, Kementerian Perhubungan mengeluarkan petunjuk perparkiran dan pembatasan waktu menunggu di jalan-jalan dalam kota).

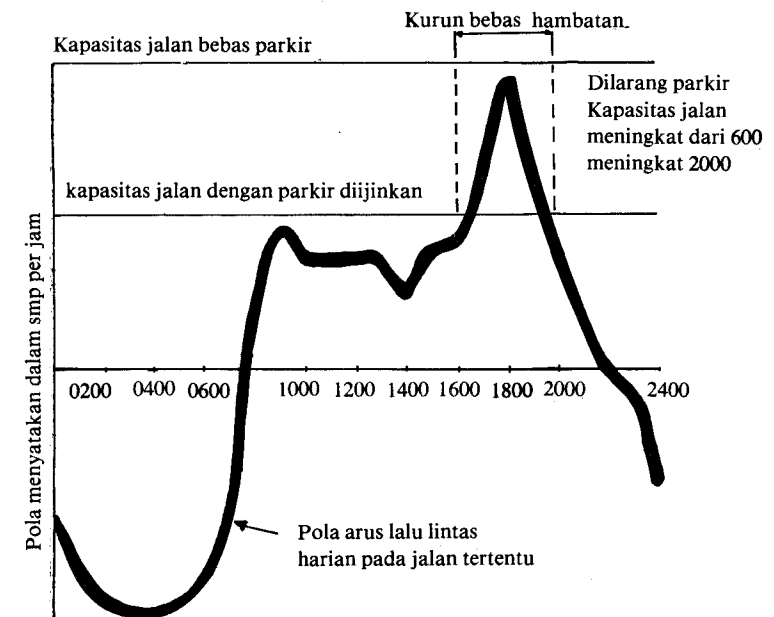
#### *Metode pengaturan parkir*

Selain dengan melarang sama sekali, perparkiran dapat diatur dengan tiga cara, yakni:

- dengan pembatasan waktu (misalnya 20 menit)
- dengan meteran parkir
- dengan menggunakan cakram (piringan) parkir, atau kartu parkir

#### *Pembatasan waktu*

Apabila pada penggal jalan yang sepi serta dekat pertokoan ditentukan sebagai tempat parkir, dan tidak ada pembatasan waktu parkir kendaraan di situ, maka ruang parkir yang tersedia akan segera dikuasai oleh para peparkir (para karyawan toko) yang menggunakan waktu relatif lama dengan kerugian bagi toko-toko di kedua sisi jalan, yang memerlukan penggantian cepat, dan bagi para pembeli yang hanya perlu parkir sebentar untuk berbelanja. Jelaslah kemudian, perlu adanya pembatasan waktu parkir pada jalan-jalan yang berdekatan



*Gambar 7.2*

Penggunaan diagram arus lalu lintas untuk menentukan kurun waktu larangan parkir

dengan kawasan pembelanjaan. Kendaraan parkir lama (peparkir lama) sebaiknya ditempatkan pada taman parkir yang agak jauh, tetapi peparkir sebentar, dapat saja akan tertarik memenuhi keperluannya di tempat lain bila mereka tidak mendapatkan ruang parkir dekat toko yang dituju.

Di beberapa lokasi dapat saja diijinkan parkir di pinggir jalan selama waktu tertentu dalam sehari namun tidak dibenarkan parkir selama kurun lalu lintas sibuk. Kita telah mengetahui bahwa lalu lintas dalam kota mencapai puncak kesibukannya sekitar jam 5.30 sore. Kita telah mengetahui pula bahwa parkir di jalan akan mengurangi daya tampung jalan itu. Oleh karena itu maka parkir dapat diijinkan sampai menjelang saat lalu lintas sibuk untuk kemudian dilarang selama satu jam atau lebih untuk menyediakan daya tampung maksimum selama waktu sibuk. Prinsip ini telah diterapkan di London dan beberapa kota lain dalam *urban clearway* (Gambar 7.2).

Sejalan dengan prinsip parkir terbatas tersebut di atas adalah alternatif larangan parkir sepanjang jalan pada kawasan pertokoan untuk menghindarkan kerugian perdagangan di satu sisi jalan lebih besar daripada sisi yang lain.

Satu kelemahan penerapan batas waktu parkir adalah mahal biayanya dan sulitnya pelaksanaan. Jika tidak ada pengawas yang mencatat waktu datang dan pergi kendaraan-kendaraan pada jalan dengan parkir terbatas, maka usaha pelarangan jadi kurang berarti. Pada masa silam di Inggris polisi yang bertanggung jawab atas hal ini. Namun, sekarang tanggung jawab itu dialihkan kepada Pengawas Lalu Lintas (*Traffic Wardens*). Siapa pun yang akan melaksanakan penilikan lamanya parkir, gaji harus dibayar — tanpa ada pemasukan dari kendaraan yang diparkir. Kerugian ekonomis ini telah diatasi dengan meteran parkir.

#### *Meteran parkir*

Meteran parkir yang pertama kali dipergunakan di Amerika, yaitu yang dipergunakan di Oklahoma City pada tahun 1935, secara bertahap telah dipergunakan pula di banyak kota di dunia yang lalu lintasnya berat. Penggunaannya di Inggris ditunjang oleh Parlemen melalui undang-undang *The Road Traffic Act 1956*, salah satu usul/

petunjuk/ketentuan di dalamnya menyebutkan bahwa kelebihan penghasilan dari meteran akan dipergunakan untuk membangun pe-lataran parkir di luar jalan.

London adalah kota pertama di Inggris yang menggunakan meteran parkir - sebanyak 650 buah meteran parkir telah dipasang dalam daerah kecil di West End dan mulai dipergunakan pada bulan Juli 1958. Ternyata percobaan ini sangat berhasil guna, sehingga kemudian penggunaan meteran diperluas. Pada tahun 1963, 14.000 meteran telah dipasang di Central London.

Meteran-meteran, bagi yang belum terbiasa dengannya, adalah satu bentuk pengawasan parkir yang sangat sederhana. Suatu kawasan di dalam kota dinyatakan sebagai "zone meteran" tempat segala jenis parkir dilarang kecuali pada bagian yang bertanda dan ada meterannya. Sisi-sisi jalan tempat parkir meteran ditandai pada permukaannya, yang pada umumnya sepanjang 6 meter (20 kaki) untuk memberi akses yang mudah tanpa banyak mengganggu lalu lintas. Tepat pada bibir jalan untuk pejalan (*footpath*), di tengah kedua ujung tanda, ditempatkan meteran. Pengemudi yang memarkir kendaraannya segera memasukkan uang logam tertentu yang berarti "membeli" kurun waktu tertentu pula di tempat itu. Bila waktunya habis, sebuah semboyan/tanda akan terlihat yang menunjukkan bahwa biaya lain, semacam pajak tambahan, harus dibayar. (Pajak tambahan ini, walaupun relatif kecil, selalu berlipat ganda daripada biaya jam-jaman). Pengawas lalu lintas berpatroli dalam zone meteran, memeriksa dan mencatat meteran, meninggalkan selebar "tiket", yang biasanya dijepitkan pada pengayun kaca depan, dan memegang tinasannya. Hanya apabila kendaraan tetap diparkir melampaui waktu yang diijinkan maka waktu tambahan dianggap pelanggaran dan "pemilik" kendaraan tidak bebas dari tuntutan hukum. Biaya, dalam bentuk pajak tambahan, harus dibayar. Pajak tambahan ini, walaupun menggunakan meteran, pada umumnya berbeda-beda tergantung zone, tetapi biaya dasar tetap sama.

Bagaimanapun juga, di balik kerugian penggunaan meteran yang mahal (harganya lebih kurang 40 £ per buah), parkir meteran mempunyai banyak keuntungan dalam sistem pengendalian parkir. Keuntungan-keuntungan itu adalah sebagai berikut.

- (a) Tempat-tempat parkir ditunjuk secara jelas dan para pe-

ngendara selalu diperingati agar tidak parkir di sembarang tempat.

- (b) Parkir mudah diawasi, ada tanda lewat waktu parkir yang bekerja otomatis, dan dengan demikian tenaga pengawas dapat ditekan sampai jumlah minimum.
- (c) Pada umumnya terjadi pengurangan lama waktu parkir dan dengan demikian kapasitas parkir ditingkatkan. Akibatnya para pengendara lebih mudah mendapatkan tempat parkir daripada sebelum ada meteran.
- (d) Pembayaran parkir yang tinggi pada bahu jalan mendorong usaha swasta untuk membiayai pembangunan pelataran parkir di luar jalan, ini berarti penanaman modal masyarakat.
- (e) Usaha perparkiran mampu berswasembada dan tentu saja keuntungan yang diperoleh kemudian dapat dipergunakan untuk membangun pelataran parkir lain.
- (f) Tempat parkir ditandai secara jelas untuk menjamin daya guna pemakaian ruang, tidak mengganggu jalan masuk, penyeberangan, hidran, dan lain-lain.
- (g) Dengan perbedaan biaya, suatu tempat dapat dibuat lebih atau kurang menarik bagi peparkir.

#### *Piringan parkir*

Piringan parkir adalah alternatif utama untuk meteran parkir. Piringan parkir, seperti yang digunakan "Zone Biru" di Paris, menyediakan parkir bebas, sepanjang bahu jalan yang tidak ditentukan batas-batasnya, untuk kurun waktu tertentu. Pengemudi yang memasukkan kendaraannya ke dalam "Zone Biru" di Paris, mencari sendiri ruang parkir, dan memasang piringan di bagian dalam kaca mobil. Piringan disetel untuk menunjukkan waktu kedatangan — dan secara otomatis, apabila waktu habis kendaraan harus meninggalkan tempat. Kedua petunjuk waktu dapat dilihat jelas oleh patroli pengawas parkir yang akan menarik denda bagi peparkir lewat waktu atau peparkir yang diketahui salah menyetel pada saat kedatangan. Keuntungan piringan parkir — yang telah dicoba pula di Inggris, yaitu di Cheltenham — adalah meniadakan biaya pemasangan alat yang mahal dan

meniadakan patok-patok tidak indah di jalanan. Sebaliknya, inilah kerugian-kerugiannya:

- (a) Tidak diperoleh pendapatan;
- (b) Sejumlah besar pengawas parkir dibutuhkan sebagai "polisi" di kawasan yang bersangkutan — atas biaya dari pendapatan (untuk sederhananya, pengawasan pembatasan waktu parkir); dan
- (c) Kendaraan dari daerah lain mungkin mendapat kesulitan untuk mendapatkan piringan parkir.

Variasi sistem piringan parkir telah dicoba di salah satu bagian kota London untuk mengatasi parkir jangka lama oleh para penghuni. Lembaran yang telah dicap dipasang di dalam kendaraan bila kendaraan akan diparkir sepanjang hari. Kartu-kartu ini hanya diberikan kepada penghuni dan biaya parkir harian relatif tidak mahal. Dalam pemakaian terbatas, tampaknya cara ini cukup berhasil.

Di waktu mendatang dimungkinkan pula bahwa dari meteran parkir yang dapat dibawa ini, pengemudi membayar ruang parkir secara borongan dan memasang meterannya bila berada dalam zone parkir. Meskipun demikian, pada saat ini belum ada usaha ke arah sana.

#### *Ringkasan*

- ✓
  - (1) Parkir di jalan seyogyanya sejajar dengan jalan, bukan menyudut.
  - (2) Parkir dapat dikendalikan dengan pembatasan waktu (yang memerlukan pengawasan), dengan meteran (yang harus berswada-ya dan menghasilkan sisa pendapatan), atau dengan piringan (yang pengadaannya dapat dikenakan kepada pemilik kendaraan).

## BAB VIII RANCANGAN LALU LINTAS

### *Arus Lalu Lintas*

Pada Bab 2 kita telah mengetahui bagaimana caranya menghitung lalu lintas hari ini dan bagaimana menentukan tujuan arus lalu lintas dari satu tempat ke lain tempat dengan teknik survei A-T. Namun membangun jalan sangat memakan waktu, sementara lalu lintas bertambah terus-menerus. Oleh karena itu tidaklah dapat dibenarkan membangun jalan hanya untuk mampu menampung lalu lintas pada saat pembukaannya. Jalan harus dirancang untuk suatu umur ekonomi tertentu setelah selesai dibangun.

### *Dua puluh tahun ke depan*

Pada saat ini banyak dipraktekkan merancang jalan dengan tujuan penggunaan waktu selama 20 tahun. Kurun waktu 20 tahun terperinci di atas rata-rata waktu perancangan, tawar-menawar pembiayaan, pembangunan selama lima tahun, ditambah umur pakai selama lima belas tahun. (Pada daerah perkotaan tertentu — misalnya pusat kegiatan kota — suatu bangunan yang sangat mahal mungkin menghalangi pembangunan jalan baru, merancang jalan, dan membangunnya kembali, sulit dilaksanakan dalam kurun 20 tahun).

Lalu bagaimana kita menentukan gambaran, semacam bola kristal, lalu lintas dua puluh tahun yang akan datang? Di Inggris, J.C. Tanner dari Laboratorium Penelitian Jalan, telah mengembangkan metode prediksi atau taksiran lalu lintas. Metode Tanner berdasarkan penggabungan proyeksi pertumbuhan penduduk, kurva proyeksi "

tanggung" kepemilikan kendaraan (seperti yang ditunjukkan dengan Gambar 1.2 tetapi menentukan bagi negeri ini), dan data rata-rata jarak tempuh kendaraan per tahun. Di luar Inggris, faktor pertumbuhan yang sama mungkin dapat digunakan atau bisa jadi harus dihitung tersendiri.

(Catatan: laju tumbuh "Tanner" seyogyanya digunakan untuk prediksi lalu lintas pedesaan dan untuk prediksi lalu lintas perkotaan apabila tidak ada informasi setempat yang lebih berarti).

TABEL PERTUMBUHAN "TANNER"

Berdasarkan taksiran jarak tempuh kendaraan dalam Forecasts of Vehicle Dimen-  
ship in Great Britain oleh J.C. Tanner, M.A., F.S.S., dalam *Roads and Road Con-  
struction*, Nov./Dec. 1965).

Tahun	mil kendaraan per tahun $10^9$	mil s.m.p per tahun $10^9$
1965	98	130
1970	136	173
1975	174	216
1980	205	251
1985	230	280
1990	250	303
1995	267	324
2000	283	343

(Angka-angka di atas dikutip oleh Tanner dalam mil-kendaraan per tahun tetapi di-  
gunakannya sebagai indeks; karena itu belum diubah ke dalam km-kendaraan per  
tahun).

Atas dasar anggapan bahwa mil-per kendaraan per tahun tetap, angka di atas da-  
pat dipergunakan untuk menaksir keadaan lalu lintas keseluruhan. Misalnya, dengan  
mengetahui keadaan lalu lintas tahun 1970 dan mengubahnya ke dalam smp, dapat di-  
peroleh gambaran lalu lintas tahun 1990 dengan menggandakan dengan faktor smp  
"Tanner" 1990. Dalam kasus ini "Tanner" faktor adalah  $\text{smp } 1990 / \text{smp } 1970 =$   
 $303 / 173 = 1.75$ . Jadi, 1.000 smp/jam sepanjang jalan dalam 1970 dapat diharapkan  
menjadi 1.750 smp/jam dalam 1990.

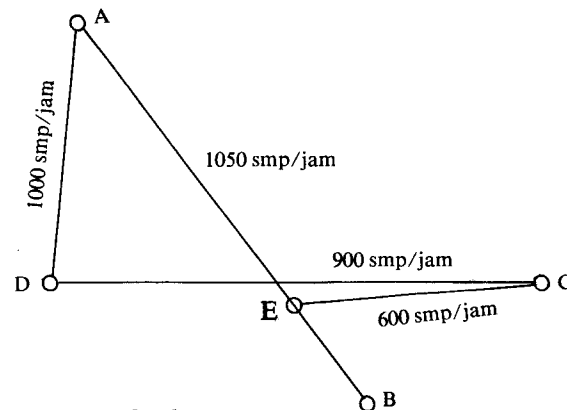
Angka pertumbuhan biasanya akan sama untuk semua jalan di da-  
lam kota yang bersangkutan (kecuali terjadi perubahan guna lahan  
yang mempengaruhi arus lalu lintas). Jadi, untuk tahap pertama  
dalam merancang jalan, kita dapat menggunakan data survei jalan  
yang ada. Cara termudah untuk menjelaskan langkah-langkah peran-  
cangan lalu lintas (dalam bentuk paling sederhana) akan ditunjukkan.



Untuk tujuan ini akan digunakan kota Newtown yang telah disebut dalam Bab 2.

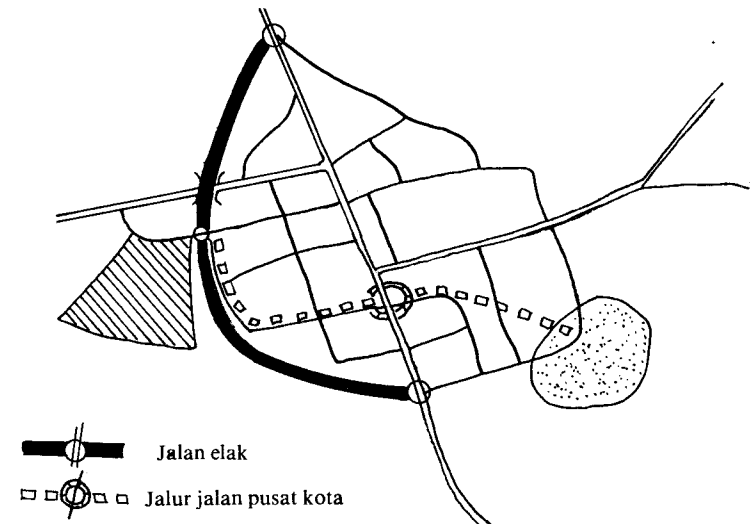
#### Identifikasi lalu lintas alternatif

Telah kita ketahui dari peta garis keinginan bahwa arus lalu lintas terpenting adalah dari utara ke selatan langsung menembus kota, dari bagian utara menuju kawasan pabrik, dari kawasan perumahan menuju pabrik, dan dari kawasan perumahan menuju pusat perbelanjaan. Arus lalu lintas yang lain (sebagaimana ditunjukkan dengan lebarnya garis keinginan) kurang begitu penting. Dengan demikian, permintaan utama terhadap lalu lintas ditunjukkan pada Gambar 8.1, dan agar soal ini mudah dipahami, akan kita nyatakan banyaknya pada diagram berikut.



Gambar 8.1  
Beban lalu lintas 1970  
angka lalu lintas = arus puncak satu arah

Dari diagram jelas terlihat bahwa sebuah jalan elak di sebelah barat pusat perbelanjaan, agak dekat melintasi kawasan industri, akan bertemu dengan lalu lintas dari utara menuju pabrik (AB dan AD dalam diagram). Bila kita mengikutsertakan C ke B — di sana sudah ada jalan — dan jalan elak berhenti di B, akan bertemu pula lalu lintas dari perumahan ke kawasan pabrik. Akan lebih baik pula dibangun jalan pendek dan ditatar jalan yang ada untuk menyediakan lintasan langsung dari kawasan perumahan ke pabrik dan pusat perbelanjaan. Jadi terdapat dua kemungkinan sebagaimana terlihat pada Gambar 8.2.



Gambar 8.2  
Kemungkinan jalur jalan: Newtown

Sekarang kita tinggal memutuskan ke mana yang terbaik, jalan elak atau — dengan maksud memperbaiki keadaan — jalan tembus pusat kota untuk menampung lalu lintas. Kendaraan mana yang akan disalurkan dari jalan yang sudah ada ke jalan baru yang mana? Proses ini kita sebut "pembebanan lalu lintas".

#### Pembebanan lalu lintas

Kendaraan yang dikendarai dari tempat A ke tempat B pada umumnya mempunyai tujuan tertentu, misalnya: pemakainya ingin sampai pada akhir perjalanannya. (Prinsip ini tidak selalu berlaku terhadap lalu lintas akhir minggu pada jalan-jalan luar kota tempat orang-orang mungkin melakukan perjalanan hanya sekedar menikmati pemandangan). Berdasarkan prinsip bahwa waktu adalah uang, masuk akal bila kendaraan yang bergerak sehari-hari dari A ke B menghemat waktu yang terpendek. Oleh karena itu, kita perlu menentukan seluruh waktu perjalanan agar bisa membagi-bagi lalu lintas. Cara untuk menentukan kecepatan dan waktu perjalanan telah dijelaskan pada Bab 3.

Dengan contoh kota Newtown yang telah kita sebutkan, arus lalu lintas dari rumah ke tempat kerja, dari rumah ke toko, dari luar kota Newtown ke kawasan pabrik, dan lalu lintas lewat, dari peta, (Gambar 2.7 Bab 2) kita dapat memilih lintasan mana yang kiranya akan "disukai" oleh lalu lintas dan menentukan waktu perjalanan pada jalan-jalan itu. Gambar 8.3 menunjukkan secara diagram jalan-jalan yang terpilih, jalur baru yang diusulkan, serta waktu yang diperlukan dalam menit antara tiap-tiap persimpangan. Pada diagram, huruf-huruf menunjukkan persimpangan atau kawasan, sebagai berikut.

- A gerbang masuk kota
- B gerbang masuk kota
- C kawasan perumahan
- D kawasan pabrik
- E persimpangan
- F kawasan perbelanjaan/pertokoan
- G persimpangan
- H persimpangan

Sementara kecepatan perjalanan — dan tentu juga waktu perjalanan — pada jalan-jalan yang ada mudah ditentukan, bagaimanakah waktu perjalanan pada jalan baru yang belum terbangun, dapat diperkirakan? Hal ini setidaknya-tidaknya membutuhkan pengalaman, namun dalam hal jalan-elak baru bebas hambatan jalan-jalan khusus dalam kota, bisa saja diterapkan kecepatan 55 - 65 km/jam (35 - 40 mpj), dan 32 - 40 km/jam (20 - 25 mpj) pada jalan-jalan dengan limit 50 km/jam (30 mpj). Untuk jalan-jalan di luar kota kecepatannya lebih mudah ditentukan dan di Inggris dikeluarkan oleh Menteri Perhubungan. Dari kecepatan maka waktu perjalanan dapat dihitung.

Dari waktu perjalanan yang sudah ditetapkan bagi tiap ruas jalan dalam seluruh jaringan, maka dapat dihitung seluruh waktu perjalanan, yang dapat dibandingkan dengan yang diperoleh dari survei A-T.

Kemudian, untuk perjalanan ke dan dari tempat kerja — yaitu dari C ke D dalam Gambar 8.3 — ada dua pilihan lintasan pada jalan yang ada, yaitu CHGFD dan CHBFD. Jumlah waktu perjalanan CHGFD adalah:

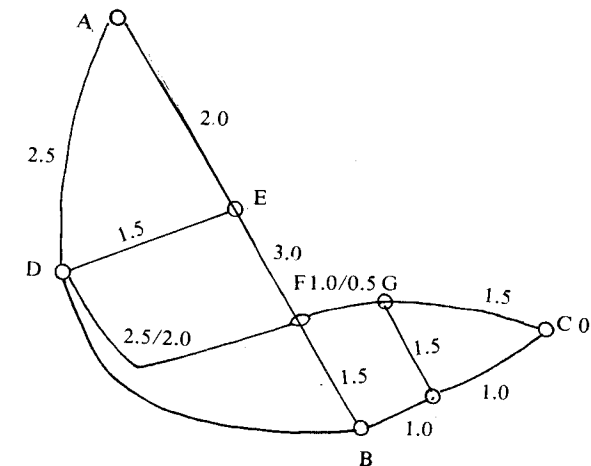
$$1,0 + 1,5 + 1,0 + 2,5 = 6 \text{ menit, dan}$$

CHBFD

$$1,0 + 1,0 + 1,5 + 2,5 = 6 \text{ menit}$$

Oleh karena waktunya sama, maka dalam hal ini, tampaknya, perjalanan antara C dan D terbagi sama banyak pada kedua lintas. Hal ini perlu ditilik dari perhitungan numerik berdasarkan survei A-T. Kita anggap bahwa tilikan telah dilakukan dan anggapan kita terima, misalnya bahwa terdapat 450 smp per jam dalam tahun 1970 pada tiap lintas.

Kini kita perhatikan alternatif jalan baru. Dari C ke D dapat memilih CGFD atau CHBD, tergantung pada jalan mana yang sudah dibangun. Waktu perjalanan yang baru pada lintas-lintas ini (dengan perhitungan bahwa waktu perjalanan akan dipersingkat pada ruas-ruas jalan yang ditatar) barangkali menjadi 4 menit atau 5 menit.

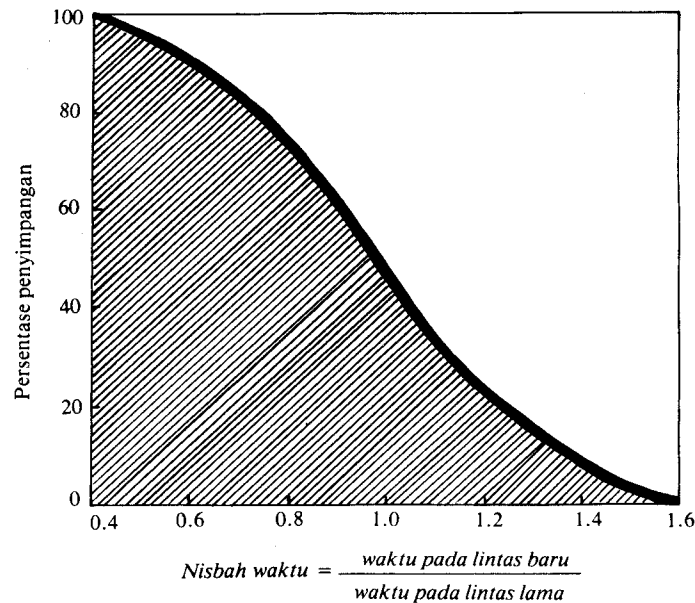


Gambar 8.3  
Pembebanan jaringan  
angka-angka = waktu perjalanan dalam menit  
(2,5/2,0 = jalan lama/jalan yang sudah ditatar)

### Teknik pembebanan

Atas dasar bahwa lalu lintas selalu mencari lintasan yang lebih cepat, maka kita dapat menganggap bahwa seluruh lalu lintas 900 smp/jam pada jaringan lama akan bergeser atau berpindah ke kedua lintasan yang baru. Secara ekstrem hal ini berarti bahwa jalan lama akan dibiarkan kosong, namun ini sulit dipercaya. Beberapa pembebanan lalu lintas dilakukan dengan cara ini — yang dikenal sebagai teknik 'semua atau tidak sama sekali' (*all-or-nothing*).

Adalah lebih masuk akal untuk menganggap bahwa demikian terjadi perpindahan lalu lintas ke jalan baru, secara bertahap jalan baru dipergunakan semakin dekat pada daya tampungnya, sehingga mengakibatkan lalu lintas bergerak semakin lambat dan kemudian terjadi perpindahan balik ke jalan lama, yang kemacetannya sudah berkurang. Dalam teori, proses ini berlangsung terus sampai tercapai keseimbangan tak tentu antara lalu lintas pada jalan baru dan jalan lama.



Gambar 8.4  
Kurva penyimpangan guna pembebanan lalu lintas

Teknik ini jelas mengandung rangkaian perhitungan yang benar-benar sulit (umumnya hanya dilakukan dengan komputer) dikenal sebagai teknik "kekang kapasitas" (*capacity restraint*).

Di antara kedua metode ini ada penyederhanaan dan penerapan langsung teknik kekang kapasitas dengan menggunakan kurva penyimpangan seperti bentuk yang ditunjukkan pada Gambar 8.4. Metode ini telah dikembangkan di Amerika dan ditertibkan di Inggris oleh Laboratorium Penelitian Jalan (*Road Research Laboratory*), membebankan lalu lintas kepada lintas lama atau lintas baru atas dasar nisbah waktu perjalanan antara lintas lama dan lintas baru.

### Penghitungan pembebanan

Kembali pada waktu perjalanan antara tempat C dan D di Newtown. Waktu perjalanan lama adalah 6 menit dan waktu perjalanan baru CGFD adalah 4 menit. Dengan teknik kurva penyimpangan, nisbah waktu adalah  $4/6 = 0,66$ . Dari Gambar 8.4 dapat ditentukan bahwa 88% lalu lintas akan beralih ke lintas baru, jadi  $0,88 \times 900 = 792$  smp/jam pada jalan baru, sisa  $900 - 792 = 108$  smp/jam terbebankan pada kedua lintas yang ada, jadi masing-masing, 54 smp/jam.

Sekarang kita bandingkan dua kemungkinan lintas baru. Pada lintas CHBD nisbah waktu adalah  $5/6 = 0,83$ , yang menunjuk penyimpangan 72%, diandaikan 650 smp/jam pada lintas baru dan 125 smp/jam pada tiap lintas lama.

Dengan cara yang sama, dapat dihitung pembebanan untuk garis keinginan yang lain — C ke F, A ke B, dan A ke D sebagai berikut.

#### Perjalanan belanja

(lama) CHBF waktu = 3,5 menit = 50% dari 600 smp/jam = 300 smp/jam

(lama) CHGF waktu = 3,5 menit = 50% dari 600 smp/jam = 300 smp/jam

(baru) CGF waktu = 2,0 menit. Nisbah waktu  $2/3,5 = 0,56$

Dari sini diperoleh penyimpangan 96% =  $0,96 \times 1.050 = 1.008$  smp/jam, sisa 42 smp/jam pada lintas lama (CHBF/CHGF).

#### Perjalanan lewat

(lama) AEFB waktu = 6,5 menit; 1,050 menit/jam

(baru) ABD waktu = 5,5 menit. Nisbah waktu  $5,5/6,5 = 0,85$

Dari sini diperoleh penyimpangan 69% =  $0,69 \times 1.050 = 725$  smp/jam, sisa 325 smp/jam pada lintas lama (AEFB).

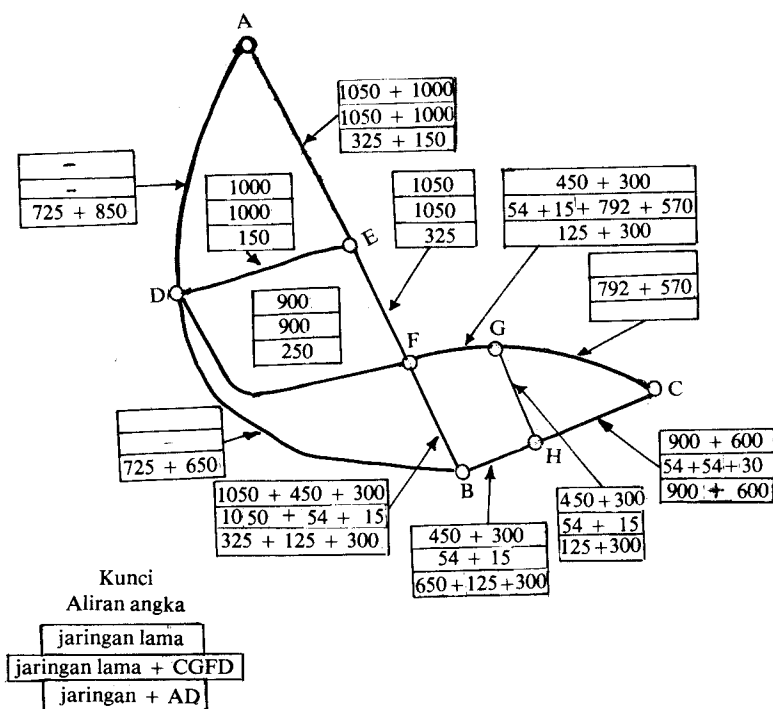
Angkutan ke kawasan pabrik

(lama) AED waktu = 3,5 menit; 1.000 smp/jam

(baru) AD waktu = 2,5 menit. Nisbah  $2,5/3,5 = 0,69$

Dari sini diperoleh penyimpangan 85% =  $0,85 \times 1.000 = 850$  smp/jam, 150 smp/jam pada lintas lama (AED)

Guna mengetahui dampak pembebanan ini atas alternatif lintasan dalam seluruh jaringan, perlu dihitung pada tiap ruas jalan. Cara yang termudah adalah dengan menggunakan diagram seperti Gambar 8.5. Dalam kasus ini, jelaslah dari perhitungan pada diagram bahwa jalan ADB mempunyai pengaruh terbesar untuk mengurangi kemacetan lalu lintas baik lalu lintas dalam kota maupun lalu lintas lewat.



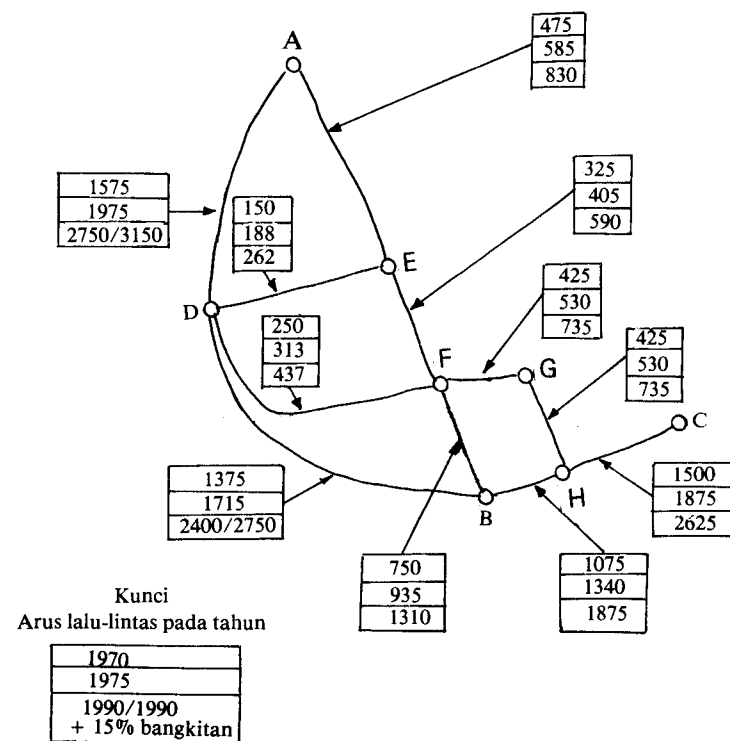
Gambar 8.5

Pembebanan arus lalu lintas tahun 1970 pada jaringan yang ada dan baru. Semua angka adalah arus puncak tahun 1970 dalam smp/jam.

Dalam praktek, lintas ini dan kemungkinan-kemungkinan lain akan diperbandingkan pula guna memperoleh pembenaran ekonomis — untuk menjamin bahwa itu semua mempunyai "nilai uang" — tetapi penghitungan-penghitungan itu di luar liputan buku ini.

### Penghitungan pertumbuhan

Selanjutnya, dengan telah ditentukannya bahwa lintas jalan-elak adalah cara terbaik untuk meringankan beban lalu lintas Newtown, maka yang diperlukan sekarang adalah menentukan ukuran jalan itu. Hal ini ditetapkan atas dasar lalu lintas yang akan menggunakannya di kemudian hari. Kita telah membebani jalan dengan lalu lintas atas dasar survei tahunan, dan pada awal bab ini J.C. Taneer telah menggunakan faktor pertumbuhan.



Gambar 8.6

Proyeksi lalu lintas untuk keperluan rancangan

Pada diagram lain (Gambar 8.6) dapat kita lihat jaringan baru dan pembebanan lalu lintas 1970 pada jaringan itu. Dengan menggunakan faktor Tanner 1970 : 1975 dan untuk 1970 : 1990, yakni 1,25 dan 1,75, maka pada jaringan yang baru dapat diketahui arus lalu lintas tahun 1975 dan 1990 (1990 adalah "tahun rancangan", akhir umur pakai 15 tahun, dan 1975 adalah tahun pembukaan, yang menggunakan penilaian ekonomi).

### *Lalu-lintas bangkitan*

Sejauh ini, dengan kemampuan yang ada, kita telah menghitung lalu-lintas yang kita taksir akan menggunakan jalan baru di kemudian hari — lalu-lintas yang dialihkan/ditarik dari jalan lain dan telah tumbuh berkembang sesuai rata-rata nasional berdasarkan pertumbuhan jumlah penduduk dan kepemilikan kendaraan, (misalnya naiknya tingkat hidup). Tentu saja ada sementara orang yang memiliki kendaraan tetapi sangat memperhatikan kemacetan di kawasan kota dan gian dekat; atau karena tak cukup tersedia pelataran parkir di tempatnya bekerja, mereka memilih sepeda. Bila suatu jalan baru telah dibangun biasanya menarik sebagian orang-orang ini untuk menggunakannya — dikatakan bahwa jalan baru "membangkitkan" lalu-lintas.

Taksiran lalu-lintas bangkit sukar sekali dilakukan dan umumnya berkisar pada nilai 5 sampai 25 persen, berdasarkan pertimbangan teknik (kerekayasaan). (Pada MI, jalan mobil pertama di Inggris, diperhitungkan hampir 30% lalu-lintas bangkitan; meskipun demikian, berbeda daripada jalan-jalan mobil di luar kota, angka ini jarang terwujud). Pada contoh yang lain, pada jalan elak Newtown diperkirakan lalu-lintas bangkitan sebesar 15 persen.

### *Model lalu lintas*

Dalam contoh Newtown, sesuai dengan tujuan buku ini, kita telah membahas teknik sederhana untuk menentukan volume lalu lintas yang kita harapkan pada jalan baru yang relatif mahal itu. Apabila kota itu berubah sifatnya dengan memperluas industri atau karena mengalirnya penduduk ke dalam kota, metode itu bisa jadi tidak lagi

cukup meyakinkan. Sama halnya bila jalan yang diusulkan diperpanjang, dengan demikian menjadi lebih mahal, maka diperlukan metode yang lebih dapat diandalkan guna memperoleh bantuan finansial dari pemerintah.

Buku ini tidak memuat metode-metode yang lebih diandalkan (*sophisticated*) untuk menentukan volume lalu lintas di masa depan, namun pembaca hendaknya menyadari bahwa teknik-teknik dasar tentu saja akan dibahas secara sepintas.

Teknik *analisis regresi* barangkali adalah suatu metode yang sangat logis, tergantung pada penurunan rumus hubungan antar berbagai faktor, seperti zone penduduk, guna lahan, fasilitas kerja, dan sebagainya, menguji terhadap lalu lintas yang ada, perkiraan guna lahan, perubahan kependudukan, dan sebagainya. Dengan menerapkan perumusan itu, diturunkanlah model lalu lintas di masa depan. Perumusan itu kurang lebih sebagai berikut.

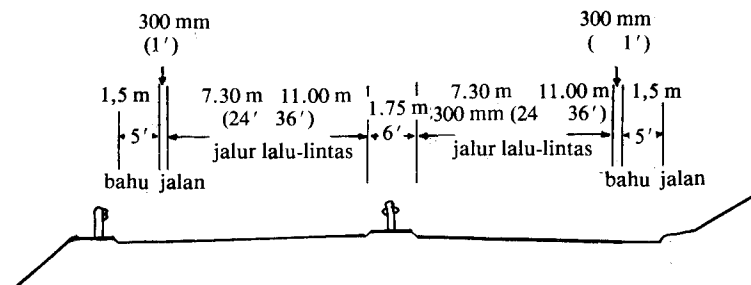
$$\begin{aligned} \text{Bepergian ke tempat kerja dari zone X} = & \\ & - 10.89 \\ & + 2.445 \times \text{jumlah pekerja yang tinggal di zone X} \\ & + 0.235 \times \text{jumlah penghuni di zone X} \times \text{waktu perjalanan ke} \\ & \text{pusat kota (menit)} \\ & - 0.46 \times \text{jumlah pekerja yang tinggal di zone X} \times \text{waktu perja-} \\ & \text{lanan ke pusat kota.} \end{aligned}$$

Dari perumusan seperti ini (yang didasarkan atas rumus yang diturunkannya) susunan garis keinginan lalu lintas tahun 1990 dapat dibuat dan pembebanan arus lalu lintas kemudian dapat dilakukan dengan teknik yang telah dibahas sebelumnya.

Teknis dasar atau model yang lain adalah *proses bertahap Fratar*, yang didasarkan atas faktor pertumbuhan zone, dan metode *model gravitasi* yang didasarkan faktor penarik pada tiap-tiap zone dan faktor "friksi" pada setiap lintas. Kedua metode ini tidak dipaparkan dalam buku ini, dan uraian terperinci dapat ditemui pada buku selanjutnya.

Dengan metode apa pun yang telah diturunkan, kita telah mengetahui gambaran arus lalu lintas yang kita perkirakan akan menggunakan jalan baru. Usaha selanjutnya adalah menyediakan atau membangun jalan yang mampu menampung lalu lintas itu.

Dalam contoh kota Newtown telah ditentukan bahwa pada 1990, termasuk tambahan lalu lintas meningkat, lebih dari 3.000 smp/jam yang akan menggunakan jalan baru pada ruas kritis dari A menuju D. Ini adalah jalur satu arah (seperti ditunjukkan pada Gambar 8.1), karena itu kita dapat mengantisipasi arus dua arah yang menampung lebih kurang 6.000 smp/jam. Jalan-jalan di daerah perkotaan menunjukkan penggunaan seperti itu, yakni dua jalur lintas dibangun sesuai dengan pembakuan jalan mobil di perkotaan. Jalan mobil yang baku itu bebas sepeda (sepeda motor), bebas simpangan (jalan masuk), dan menggunakan jalan layang. Kita ketahui bahwa lalu lintas langsung pada jalan elak hanya lebih kurang separuhnya yang menggunakan jalan elak (karena selebihnya menuju ke pabrik di kawasan D). Oleh karena itu, penggunaan jalan layang pada persimpangan sangat dianjurkan. Konsekuensinya, kita menentukan bahwa jalan dua jalur ganda adalah jawaban terbaik untuk memecahkan persoalan Newtown (Gambar 8.7).



Gambar 8.7

Penampang lintang: jalan raya di kota

#### Rancangan geometri - penjajaran horisontal

Untuk melengkapi suatu rancangan terperinci suatu jalan modern tidaklah cukup hanya mengetahui lebar jalan dan persimpangan saja. Jalan dirancang untuk menampung kecepatan gerak tertentu kendaraan, yang disebut "kecepatan rancang" (*design speed*). Hubungan antara kecepatan rancang dan kecepatan rata-rata pada suatu jalan kurang lebih sebagai berikut.

Kecepatan rancang	km/jam (mil/jam)	Kecepatan rata-rata	km/jam (mil/jam)
120	(70)	88	(52)
100	(60)	74	(44)
80	(50)	59	(37)
60	(40)	44	(29)
50	(30)	37	(23)

atau Kecepatan rata-rata = Kecepatan rancang/1.36

(Di Amerika 'kecepatan 85 persentil' — yaitu kecepatan yang dilampaui hanya oleh 15% dari pengendara yang menggunakan jalan itu — sering digunakan untuk menetapkan batas kecepatan; hubungan antara kecepatan rata-rata dan kecepatan 85 persentil adalah:

kecepatan 85 persentil =  $1.23 \times$  kecepatan rata-rata).

Dengan mengetahui kecepatan yang dikehendaki pada suatu jalan, jelas bahwa kemiringan jalan dan radius tikungan harus sesuai dengan kecepatan yang ditetapkan, agar kendaraan tidak melesat ke luar jalan atau terpaksa mengurangi kecepatan.

Sama halnya, waktu dan jarak yang diperlukan oleh sebuah kendaraan untuk berhenti dalam keadaan darurat (bahaya) sangat tergantung pada kecepatan kendaraan dan waktu rem ditambah daya yang dibutuhkan oleh pengemudi. (Dalam teknik lalu lintas, daya reaksi dikenal sebagai waktu PIEV, yaitu P = *Perception* atau *noticing*, I = *Intellection* atau *comprehension*, E = *Emotion* atau *thinking*, V = *Volition* atau *action*, yang pada umumnya berkisar pada 2.5 detik).

[dalam bahasa Indonesia bisa diterjemahkan dalam 4 T yaitu: Tahu = *noticing*; Tanggap = *comprehension*; Timbang = *thinking*; Tindak = *action*].

Dengan mengikuti konsep waktu berhenti — dan tentu saja jarak berhenti — harus pula kita perhatikan "jarak pandang", atau jarak penglihatan minimum. Jelas sekali bahwa seorang pengemudi harus dapat melihat sejauh tidak kurang dari jarak ia dapat berhenti. Jarak pandang lain, berkaitan juga dengan kecepatan kendaraan di jalan, adalah jarak pandang salip (*overtaking sight distance*), yaitu jarak yang dibutuhkan bagi sebuah kendaraan untuk keluar dari alurnya, menyalip atau mendahului kendaraan lain dan kembali ke alurnya. Jarak ini, sebagaimana halnya faktor rancangan yang lain yang diper-

lukan untuk rancangan geometrik, di Inggris ditentukan oleh Departemen Perhubungan (*Ministry of Transport*).

### Penjajaran vertikal

Penjajaran vertikal suatu jalan pada dasarnya adalah persoalan membuat jalan itu sedatar mungkin. Ini merupakan penyederhanaan yang berlebihan karena rancangan terperinci mengenai itu tidak terliput dalam buku ini. Cukup kiranya disebutkan bahwa tanjakan-tanjakan yang sering dinyatakan dalam persentasi tanjakan (yaitu tanjakan 2% berarti perbedaan tinggi 2 m (2 ft) vertikal pada panjang jalan 100 m (100 ft) horisontal, adalah faktor penting dalam biaya operasi kendaraan-kendaraan berat, oleh karenanya jalan diusahakan sedatar mungkin. Departemen Perhubungan merekomendasi tanjakan maksimum 1 dalam 25 (4%) untuk jalan kendaraan bermotor di dalam kota. Pada bagian-bagian ketentuan itu tidak bisa diikuti atau dipenuhi, yaitu untuk suatu jarak melebihi "jarak tanjak kritis" — misalnya pada jalan di puncak bukit tidak bisa memisahkan dan memperlambat kendaraan berat — dianjurkan untuk menyediakan satu jalur khusus seperti dikemukakan pada Bab 5.

Persentase Tanjakan	Panjang tanjakan kritis
4	330 m (1.100 ft)
5	240 m ( 800 ft)
6	196 m ( 650 ft)

Aspek lain dari penjajaran vertikal yang perlu diperhatikan adalah perataan atau pemaprasan "bukit" yang akan mempengaruhi jarak pandang. Pada umumnya *jarak pandang berhenti* adalah ukuran yang digunakan pada puncak-puncak bukit didasarkan atas tinggi pandangan mata 1.05 m (3,5 ft) di atas tanah dan pengamatan objek yang juga 1.05 m (3.5 ft) di atas permukaan jalan.

### Sistem jalan baru

Sejauh ini kita telah membahas persoalan-persoalan menyesuaikan jalan baru ke dalam jaringan jalan yang sudah ada pada suatu kota. Namun dalam pengembangan suatu kota baru secara keseluruhan atau pada salah satu bagian sebuah kota, rancangan jalan utama untuk lalu lintas terutama menyangkut hasil gunanya. Tentu saja, prinsip rancangan baru hendaknya diterapkan, sebagaimana untuk tujuan jang-

FAKTOR RANCANGAN GEOMETRIK INGGRIIS — UNIT KERAJAAN

Jenis Jalan Kota	Kecepatan Rancangan yang Diusulkan mph	Lebar Jalur Lintas	Lebar Jalur	Kapasitas Dua Arah smp/jam	Jarak Pandang Penyalipan ft	Jarak Pandang Minimum Berhenti ft	Jari-jari Tikungan Minimum ft	Pemisahan Simpangan yang Dianjurkan ft
Distributor utama: M/W	50	dua jalur berganda	12	6.000	1.200	425	760	1.800
Distributor utama: jalan serba guna	40	dua jalur berganda	12	4.800	950	300	490	900
Distributor distrik	30	dua jalur berganda atau tunggal	12	3.000/1.200	700	190	240	700
Distributor lokal	30	dua jalur tunggal	12 <sup>*</sup> 11 10	1.200	700	190	240	300
Jalan akses	30-20	dua jalur tunggal	9-12	600	480	120	110	300

12 perindustrian  
 \* 11 perdagangan  
 10 pemukiman

## FAKTOR RANCANGAN GEOMETRIK INGGRIS — UNIT METRIK

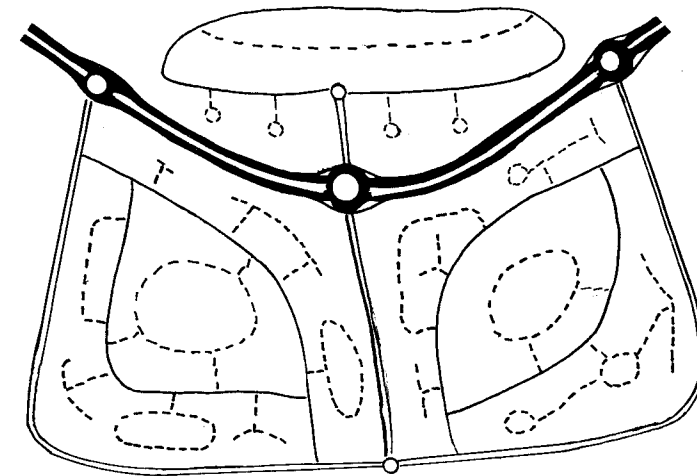
Jenis Jalan Kota	Kecepatan Rancangan yang Diusulkan km/jam	Lebar Jalur Lintas m	Lebar Jalur m	Kapasitas Dua Arah smp/jam	Jarak Pandang Penyalipan m	Jarak Pandang Minimum Berhenti m	Jari-jari Tikungan Minimum m	Pemisahan Simpangan yang Dianjurkan m
Distributor utama: M/W	80	berganda	7.30	6.000	360	140	230	540
Distributor utama: jalan serba guna	60	berganda	7.30	4.800	270	90	130	270
Distributor distrik	50	berganda atau tunggal	7.30	3.000 1.200	225	70	80	210
Distributor lokal	50	tunggal: perindustrian perdagangan perumahan	7.30 6.75 6.00	1.200	225	70	80	90
Jalan akses	30	tunggal	4.00 7.00	600	135	30	30	90

ka panjang, terhadap jaringan jalan yang sudah ada bila kesempatan itu ada.

Yang ideal adalah bahwa jaringan jalan di suatu kota seharusnya mempunyai struktur tata jenjang — suatu piramida nasional, dengan sesedikit mungkin jalan utama, menurun kepada jaringan jalan akses kecil-kecil secara menyeluruh. Sebagaimana telah tercantum dalam tabel faktor perancangan, jalan-jalan diklasifikasi sebagai berikut.

- (a) Distributor utama - untuk lalu lintas lewat dan pergerakan utama di dalam kota
- (b) Distributor distrik - dari satu lingkungan kawasan tertentu ke kawasan lainnya
- (c) Distributor lokal - jalan "utama" di dalam lingkungan
- (d) Jalan akses - menyediakan akses ke sekelompok bangunan-bangunan

Distributor utama membentuk pola jaringan kota tempat perkembangan menebar di sekitarnya. Ada beberapa "pola baku" jaringan dasar, seperti ditunjukkan dalam Gambar 8.8. Namun, harus diakui



Gambar 8.8  
Tipikal pola jaringan jalan

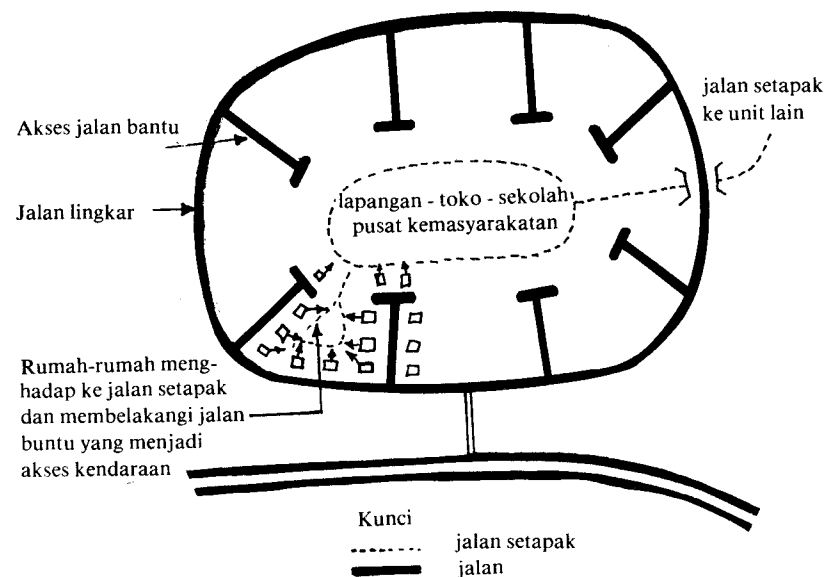
- Penyalur utama
- Penyalur lingkungan
- Penyalur Lokal
- Jalan akses



bahwa sangat jarang suatu kota menganut salah satu pola itu secara tepat sama. Rancangan seharusnya logis dan akan dibuat agar sesuai atau cocok dengan daerah pinggiran, bukannya dipaksakan atas daerah itu.

Distributor distrik, di kota yang lebih kecil menggantikan peranan distributor utama, adalah jenjang kedua. Jalan-jalan ini membagikan/menyalurkan, pada interval tidak tentu, lalu lintas dari distributor utama dan menghubungkan bagian-bagian kota satu sama lain. Dari distributor distrik, distributor lokal—jalan utama dalam kawasan kecil perumahan, jalan utama perbelanjaan, sering pula lintas bus—menyalurkan, biasanya memutar kembali masuk ke jaringan distributor distrik.

Dari distributor lokal, jalan akses menghubungkan bangunan-bangunan. Di permukaan jalan-jalan akses seringkali berbentuk jalan buntu (*cul-de-sac*), suatu bentuk akses paling ekonomis, sejumlah gedung dapat dilayani per unit panjang jalan. Jalan buntu juga ideal



Gambar 8.9

Tipikal rancangan Radburn: pemisahan pejalan/kendaraan

dalam daerah permukiman karena kecepatan gerak kendaraan dengan sendirinya dibatasi, jalan buntu lebih aman daripada jalan tembus. Rancangan perumahan yang populer, salah satu daripada metode pemisahan pejalan/kendaraan yang paling awal, adalah "rancangan Radburn", di mana rumah-rumah menghadap ke jalan setapak dan lapangan di dalam (tengah) jalan melingkar. Tipikal rancangan Radburn ditunjukkan pada Gambar 8.9.

### Ringkasan

1. Barangkali metode yang paling logis untuk menaksir pertumbuhan lalu lintas, karena ketiadaan informasi yang lebih baik, adalah tabel pertumbuhan Tanner. (Gunakan Tanner selalu untuk jalan luar kota dan pengganti informasi lokal pada jalan kota).
2. Pembebanan lalu lintas pada umumnya dibuat dengan dasar waktu tempuh, tetapi hendaknya dipilih bukan atas dasar "semua atau tidak sama sekali" (*all-or-nothing*). Kurva penyimpangan sering merupakan metode pembebanan yang lebih mudah dan baik.
3. Pertumbuhan lalu lintas dapat diperbesar dengan lalu lintas meningkat, misalnya "perpindahan perjalanan" dari suatu angkutan lain.
4. Model lalu lintas adalah metode lain untuk menaksir arus lalu lintas di masa yang akan datang dan lebih ampuh.
5. Rancangan geometris jalan sangat tergantung pada rancangan kecepatan.
6. Sistem jalan baru — dan peningkatan jaringan yang ada, bila mungkin — seharusnya mempunyai struktur tata jenjang.

## BAB IX RANCANGAN LALU LINTAS

### *Pada Persimpangan*

Walaupun lampu lalu lintas adalah alat yang sangat baik untuk mengendalikan lalu lintas pada persimpangan-persimpangan yang ada sekarang, namun dalam perancangan persimpangan-persimpangan baru selalu diusahakan agar lampu lalu lintas tidak lagi diperlukan. Dengan pemikiran ini, kehendak untuk meniadakan atau mengurangi secara besar-besaran jumlah titik-titik konflik dapat dilakukan melalui tiga cara:

- (i) membuat pulau-pulau penyalur pada persimpangan-persimpangan yang diprioritaskan;
- (ii) membuat bundaran lalu lintas;
- (iii) membangun jalan silang (persimpangan bertingkat).

### *Pulau lalu lintas*

Bentuk yang paling sederhana untuk menyalurkan lalu lintas adalah dengan menggunakan cat putih pada jalan dan kita semua sudah mengetahui seberapa jauh hasil guna yang dapat dicapai. Pulau lalu lintas hanyalah perkembangan garis-garis cat tadi dan fungsi utamanya, sebagaimana halnya tanda-tanda garis, adalah:

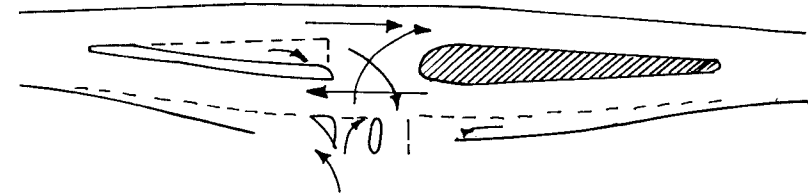
- (i) memisahkan arus lalu lintas secara terarah (dan kadang-kadang juga kecepatannya);
- (ii) mengarahkan pengemudi ke jalur yang benar dengan sedikit mungkin pengemudi menentukan keputusan pilihan;
- (iii) menghindarkan pengemudi melakukan gerakan-gerakan terlarang;
- (iv) melindungi (memberi keamanan) pengemudi yang ber-

maksud belok kanan;

- (v) menyediakan ruang lindung bagi para pejalan;
- (vi) satu "keuntungan" lain adalah bahwa pulau lalu lintas seringkali merupakan tempat yang ideal untuk menempatkan pengatur lalu lintas dan rambu-rambu pengarah, dan lain sebagainya.

Pulau lalu lintas harus dengan mudah terlihat, oleh karena itu harus diterangi di malam hari, atau sekurang-kurangnya diberi peman-tul agar mudah terlihat; sering pula dibuat gambar "tengkorak" pada permukaan jalan menjelang pulau-pulau lalu lintas.

Pada suatu jaringan jalan baru diusahakan agar meniadakan sebanyak mungkin persimpangan-persimpangan, apabila tidak mungkin seluruhnya dan membatasi semua persimpangan minor dalam bentuk simpang T. Suatu simpang T yang modern dilengkapi dengan berbagai teknik penyalur, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9.1.



Gambar 9.1  
Tipikal simpang T menunjukkan penggunaan pulau-pulau lalu lintas

### *Bundaran lalu lintas*

Suatu bundaran hanyalah wujud lain daripada pulau lalu lintas — sesungguhnya hanya satu elaborasi saja. Ada dua sikap berpikir atas rancangan bundaran lalu lintas: di Inggris bundaran lalu lintas relatif kecil dan diharapkan memperlambat laju lalu lintas, sedangkan di Amerika bundaran-bundaran jauh lebih besar, dengan kecepatan lebih tinggi. Imbangan waktu dan rancangan bundaran — dalam hal ini adalah waktu tundaan — pada hakikatnya sama saja pada kedua ran-

cangan itu, yakni:

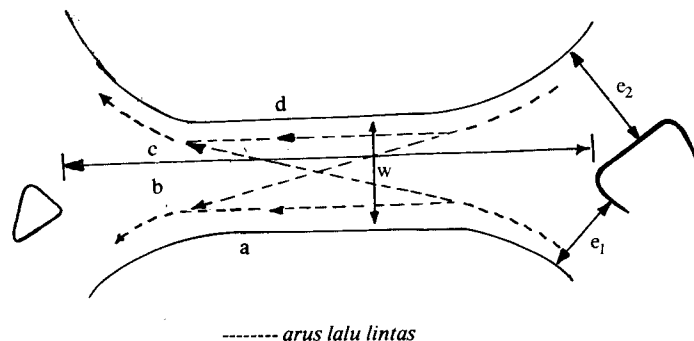
kecepatan tinggi  $\times$  jarak panjang = kecepatan rendah  $\times$  jarak pendek

Pada kawasan-kawasan yang dibangun yang harga tanahnya cukup tinggi, lebih banyak dianut cara berpikir orang Inggris.

Bundaran secara khusus dibutuhkan bila:

- (i) arus lalu lintas dari dua jalan atau lebih (tidak berlawanan) yang masuk simpangan sama besar pada saat yang sama;
- (ii) lalu lintas belok kanan cukup besar;
- (iii) simpangan lebih dari empat (simpang lima atau lebih);
- (iv) pada ujung jalur jalan cepat, apabila diperlukan untuk mengurangi kecepatan lalu lintas sebelum tersebar memasuki jaringan jalan tempat lalu lintas bercampur (jalan serba guna).

Kemampuan suatu bundaran melayani besarnya lalu lintas yang menggunakannya tergantung pada tersedianya uang untuk berambing (*weaving*), yaitu lalu lintas yang memotong dari satu alur pada bundaran ke alur lain. Kapasitas "ruas ambang" suatu bundaran adalah fungsi luas dari "proporsi lalu lintas ambang". Proporsi ini,  $p$ , diperoleh dengan menambahkan arus ambang,  $b$  dan  $c$ , dan membaginya dengan jumlah seluruh lalu lintas,  $a + b + c + d$  (lihat Gambar 9.2).



Gambar 9.2  
Lalu lintas ambang dan dimensi ruas ambang

### Perhitungan bundaran

Rumus untuk menghitung kapasitas praktis pada ruas ambang suatu bundaran lalu lintas telah ditentukan oleh Laboratorium Penelitian Jalan dengan percobaan terarah. Kapasitas praktis suatu bundaran telah ditetapkan 80% dari kapasitas maksimum dan dinyatakan dengan rumus:

$$Q_{\text{prak.}} = \frac{28.2 w (1 + e/w) (1 - p/3)}{(1 + w/l)} \text{ smp/j.}$$

(semua dimensi dalam meter)

$$\rightarrow \frac{86 w (1 + e/w) (1 - p/3)}{(1 + w/l)}$$

$$\text{atau } Q_{\text{prak.}} = \frac{86 w (1 + e/w) (1 - p/3)}{(1 + w/l)} \text{ smp/j.}$$

(semua dimensi dalam kaki/feet)

Makna lambang:

$Q$  = arus ruas ambang

$w$  = lebar ruas ambang

$e = \frac{1}{2} (e_1 + e_2)$  = lebar rata-rata jalan masuk

$l$  = panjang ruas ambang

$p$  = proporsi lalu lintas ambang

Seperti telah dinyatakan, perumusan ini diperoleh sebagai hasil percobaan. Oleh alasan ini, nilai-nilai yang dimasukkan ke dalamnya pada umumnya akan berkisar pada angka limit berikut:

$w$  = 6.0 m (20 ft) sampai 18.0 m (60 ft)

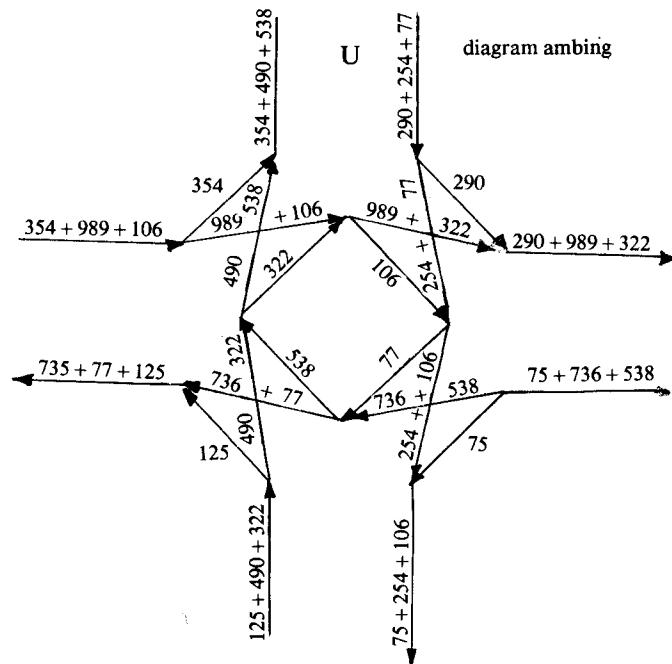
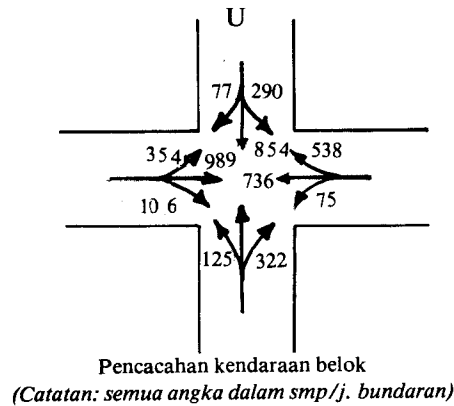
$e/w$  = 0.4 sampai 1.0

$w/l$  = 0.12 sampai 0.40

$p$  = 0.4 sampai 1.0

$l$  = 18.0 m (60ft) sampai 90 m (300ft)

Hendaklah diingat bahwa  $Q$  adalah dalam satuan smp/jam pada bundaran lalu lintas, yang nilai-nilai untuk itu telah diberikan pada akhir Bab 3 (*Catatan*). Rumus di atas diturunkan sebelum mengenal aturan "Beri jalan" pada bundaran, yang tentu saja akan meningkatkan kapasitas, walaupun tentang ini belum ditentukan secara terperinci).



Adalah sangat umum dilakukan penentuan ukuran suatu bundaran dan berubah kemudian menilik apakah dalam rancangan tersedia kapasitas yang cukup. Sebagai satu contoh, perhitungan bundaran akan dilakukan dalam hubungan dengan pencacahan kendaraan belok sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3.4 dan 3.5, dari gambar itu angka-angka smp diulangi pada Gambar 9.3. Dari angka-angka ini diagram ambang digambar (Gambar 9.3) yang memungkinkan hasil proporsi ambang dan lain-lain dihitung dengan mudah. Angka-angka yang diperoleh dimasukkan ke dalam diagram ambang hanya dengan mengikuti aliran jalur kendaraan. Sebagai contoh, 322 smp yang "dilingkari" dari arah selatan memotong alur tengah pada ruas ambangan pertama, dan masih tetap pada ruas ambangan berikutnya, melintas alur luar pada ruas ambangan berikutnya lagi, dan keluar ke arah timur. Sekarang perlu, dan dimungkinkan, menghitung nilai  $p$  bagi keempat ruas ambang:

$$P_{BU} = \frac{989 + 106 + 490 + 538}{989 + 106 + 490 + 538 + 354 + 322} = \frac{2123}{2799} = 0.76$$

$$P_{UT} = \frac{989 + 322 + 254 + 77}{989 + 322 + 254 + 77 + 290 + 106} = \frac{1642}{2038} = 0.81$$

$$P_{TS} = \frac{736 + 538 + 254 + 106}{736 + 538 + 254 + 106 + 77 + 75} = \frac{1634}{1786} = 0.91$$

$$P_{SB} = \frac{736 + 77 + 490 + 322}{736 + 77 + 490 + 322 + 125 + 538} = \frac{1625}{2288} = 0.71$$

Sebagai usaha permulaan, sekarang kita akan menganggap lebar sebuah jalan,  $w$ , 12 m yang juga akan menjadi  $e_2$ . Jalan masuk  $e_1$  akan dianggap 6 m; dengan demikian kombinasi  $e$  menjadi  $\frac{1}{2} (12 + 6) = 9$  m. Dengan demikian  $e/w$  akan menjadi  $9/12 = 0.75$ . Bagi usaha permulaan ini kita juga akan mencoba menganggap panjang 1 adalah 60 m, yang nilainya barangkali disebabkan oleh kondisi tapak (tempat), barangkali sebuah gedung terlalu indah untuk dibongkar. Perhitungan sekarang sebaiknya dilakukan dalam format tabel sebagai berikut.

sisi	l	w/l	e/w	p	p/3	1-p/3 (a)	1+e/w (b)	$\frac{28.2 w}{1+w/l}$ (e)	$Q_p$ (abc)	Arus nyata (f)	Cadangan $\frac{Q_p - f}{f}$ (persen)
BU	60	0.2	0.75	0.76	0.25	0.75	1.75	2880	3780	2799	36
UT	60	0.2	0.75	0.81	0.27	0.73	1.75	2880	3670	2038	81
TS	60	0.2	0.75	0.91	0.30	0.70	1.75	2880	3520	1786	98
SB	60	0.2	0.75	0.71	0.24	0.76	1.75	2880	3820	2288	66

Kapasitas cadangan yang tersedia pada sisi BU rendah — barangkali terlalu rendah — dan dengan berdalih rancangannya mungkin diubah untuk memperbaiki ruas itu. Salah satu kemungkinan perubahan adalah mengubah bentuk bundaran guna menambah panjang sisi ini.

Mungkin pula membuat perhitungan rancangan bundaran dengan menambahkan grafik yang dapat diperoleh dari publikasi-publikasi Kementerian Perhubungan. Semuanya ini didasarkan atas perumusan yang digunakan di atas.

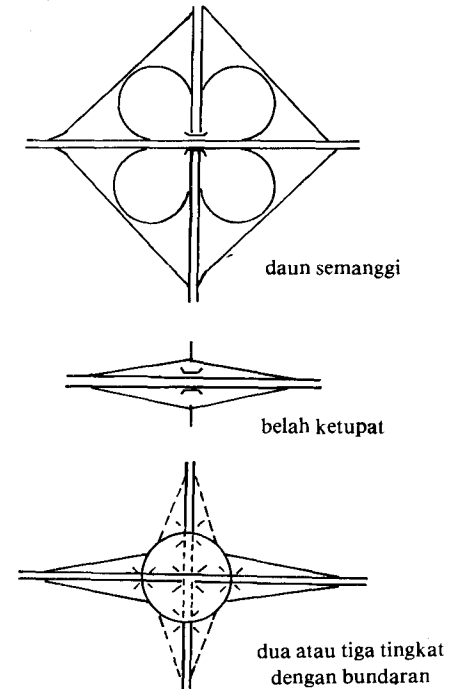
Apabila suatu bundaran harus menanggung volume lalu lintas yang lebih besar daripada kapasitasnya, maka terjadilah "kemacetan" (*lock up*), yaitu lalu lintas berhenti bergerak. Kecenderungan demikian pada umumnya diatasi dengan aturan baru "Beri jalan" sebelum masuk bundaran. Meskipun demikian, masih ada batas jumlah lalu lintas yang dapat ditampung oleh suatu bundaran — dan Kementerian Perhubungan menetapkan bahwa pada volume ambang sebesar 3.500 smp/j ( $b + c$  dalam Gambar 9.2) pemisah tingkat (jalan silang/layang) perlu diteliti.

#### Jalan silang (layang)

Munculnya jalan silang adalah untuk menghindarkan bahaya belok kanan yang menghambat lalu lintas terus; persimpangan-persimpangan ini seringkali menggunakan cara "belok kiri terus jalan" dan jembatan di atas dan di bawah arus lalu lintas utama. Dua konflik gerak utama — lalu lintas terus dan belok kanan — seluruhnya terhapus, selama lalu lintas bergerak pada jalur silang (berbeda tingkat).

Tiga cara yang paling umum, dan dasar, daripada jalan silang adalah seperti terlihat pada Gambar 9.4, yang disebut daun semanggi, be-

lah ketupat, dan bundaran. Sistem daun semanggi, populer di Amerika, memerlukan lahan yang cukup luas dan mahal, sangat jarang diterapkan di Inggris, sangat sedikit di semua kawasan kota. Bentuk belah ketupat, walaupun sangat baik pada pertemuan jalan kecil (minor) dan jalan besar (mayor), tidak menghilangkan beberapa titik konflik; yang muncul bila jalan "selipan" bertemu jalan kecil dan belok kanan maupun kiri diijinkan.

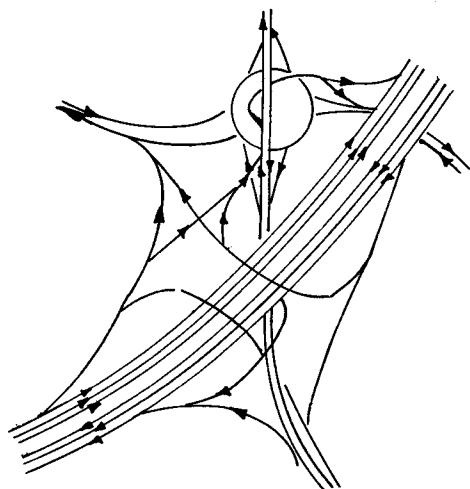


Gambar 9.4  
Jalan silang/layang

Jalan silang yang didasarkan atas penggunaan bundaran pada jalan yang lebih kecil seringkali merupakan rancangan yang tepat, setidaknya-tidaknya bagi Inggris yang harga tanahnya sangat mahal. Cara ini mampu menampung arus yang lebih besar daripada tipe belah ketupat sebagaimana telah ditunjukkan, yang dalam hal itu menghilangkan semua titik konflik; lebih dari itu, adalah rancangan yang ideal bagi tahap pembangunan. Bundaran dapat dibangun saat ini,

bagi lalu lintas saat ini, tetapi dirancang untuk memungkinkan jalan utama "menyengkelang" (*flyover*) di kemudian hari, bila perkembangan lalu lintas sudah memerlukannya.

Meskipun demikian, mungkin saja cukup beralasan bila lalu lintas sangat padatnya, atau tidak mungkin merombak sistem jaringan jalan secara drastis, untuk itu suatu persimpangan yang rumit harus dibangun. Yang sering terjadi adalah kombinasi sejumlah tipe, dasar persimpangan dalam bentuk "jalinan (anyaman)" persimpangan (Gambar 9.5) misalnya semua gerak kendaraan perlu dipisah.



Gambar 9.5  
"jalinan" jalan silang  
(simpang susun)

#### Rancangan simpang susun

Simpang susun dapat dipilih, untuk kepentingan rancangan, menjadi tiga elemen pokok, yakni sebagai berikut.

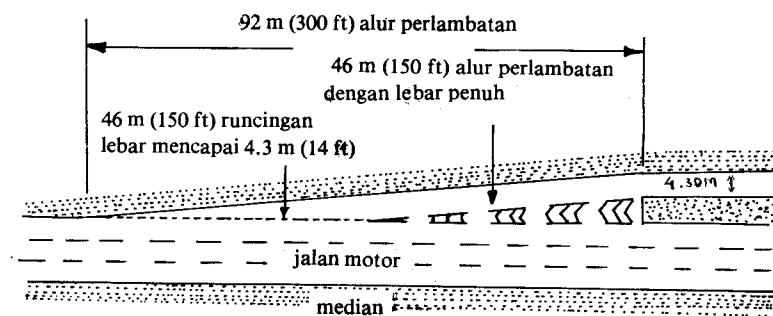
- (a) Terminal keluar ... titik keluar dari jalan terus (*through road*).
- (b) Landaian (*ramp*) ... yang pada simpang susun berupa jalan searah menuju jalan terus yang baru, namun dalam tipe persimpangan bundaran termasuk pula bundarannya sendiri.
- (c) Terminal masuk ... titik masuk untuk bergabung dengan jalan terus.

#### Terminal keluar

Dengan alur perlambatan yang dirancang dengan baik — yakni alur "di samping" lintas cepat sepanjang jarak tertentu yang lalu lintasnya keluar dari alur cepat ke jalan cabang — kapasitas sampai dengan 1200 smp/j dapat ditampung pada setiap alur keluar. Awal alur perlambatan seyogyanya meruncing ke lintas terus (lintas cepat), dianjurkan sepanjang tidak kurang dari 46 m (150 ft). Panjang alur perlambatan akan tergantung atas kecepatan pada jalan terus. Tabel berikut ini menganggap jalan terus dengan derajat kemiringan  $\pm 3$  persen (dan sepanjang Kementerian Perhubungan di Inggris menyarankan tanjakan maksimum 4 persen, hal di atas hanyalah merupakan suatu kasus).

Jalan terus, kecepatan   rancangan		Alur perlambatan, panjang	
km/j	(mpj)	m	(ft)
80	(50)	92	(300)
60	(40)	72	(250)

Dengan menganggap jalan motor di daerah perkotaan distributor utama (seperti dalam Bab 8) dengan kecepatan rancangan 80 km/j, terminal keluar akan menyangkut 46 m runcingan ditambah 46 m (jadi seluruh alur perlambatan adalah 92 m) alur perlambatan dengan lebar penuh. Terminal keluar ini, seperti digambarkan pada Gambar 9.6, akan melayani 1200 smp/j lalu lintas balik.



Gambar 9.6  
Alur perlambatan

### Terminal masuk

Kapasitas dan rancangan sebuah terminal masuk, atau alur percepatan, tidak sedemikian langsung. Lalu lintas yang "meninggalkan" atau keluar dari jalan selipan dan akan bergabung dengan arus lalu lintas cepat pada jalan utama hanya bisa mengisi kesenjangan-kesenjangan arus lalu lintas pada jalan utama. Dengan demikian kapasitas suatu alur percepatan tergantung pada arus bagian hulu jalan utama, atau "sebelum" titik pertemuan dengan jalan cabang.

Pada dua alur lintasan ganda jalan utama, dengan satu alur "hulu" arus lalu-lintas  $Q$  smp/j, kapasitas terminal masuk  $q$  smp/j diperoleh dari:

$$q = 1020 - 0.18 Q$$

Untuk tiga alur lintasan ganda jalan utama diperoleh hubungan yang ekuivalen, yaitu:

$$q = 1080 - 0.12 Q$$

Sebagaimana halnya pada alur perlambatan, alur percepatan pun dibuat bergabung secara meruncing, dan memerlukan jarak yang sama. Jumlah panjang alur percepatan akan tergantung atas kecepatan pada jalan utama dan tanjakan. Bila jalan motor adalah dua alur ganda dengan 2000 smp/j arus satu arah, alur percepatan akan berkapasitas  $1020 - 0.18 \times 2000 = 660$  smp/jam. Terminal masuk biasanya bersambung dengan terminal keluar sepanjang jalan utama. Untuk menghindari gangguan satu terhadap yang lain, maka harus tersedia jarak sekurang-kurangnya 180 meter (600 ft) antara titik akhir alur perlambatan dan titik awal alur percepatan.

### Landaian atau jalan selipan

Suatu landaian, atau jalan selipan, yang menghubungkan akhir alur perlambatan/percepatan ke suatu bundaran sebelum jalan utama, atau langsung ke jalan utama yang lain, barangkali lurus atau belokan. Seringkali pula, karena suatu sebab, mempunyai tanjakan tidak seperti yang dianjurkan bagi suatu jalan utama. Kapasitas maksimum yang dianjurkan bagi jalan selipan adalah 1200 smp/j per alur.

Jalan selipan, yang pada umumnya hanya selebar alur tunggal, hendaknya dirancang dengan lebar 4.30 m (14 ft) dan maksimum tan-

jakan sebesar 8 persen, namun dipilih tidak lebih dari 5 persen. Bila jalan selipan harus berbentuk kurva — seperti pada jalinan simpang layang atau simpang daun semanggi — jari-jari minimum, kecepatan rancangan, dan jarak pandang berhenti ditunjukkan pada tabel berikut.

Jalan utama, kecepatan rancangan km/j (mpj)	Jalan selipan, kecepatan rancangan km/j (mpj)	Jalan selipan, jari-jari minimum m (ft)	Jalan selipan, jarak pandang berhenti m (ft)
80 (50)	40-50 (25-30)	60 (200)	45 (150)
60 (40)	30-40 (20-25)	45 (150)	33 (110)

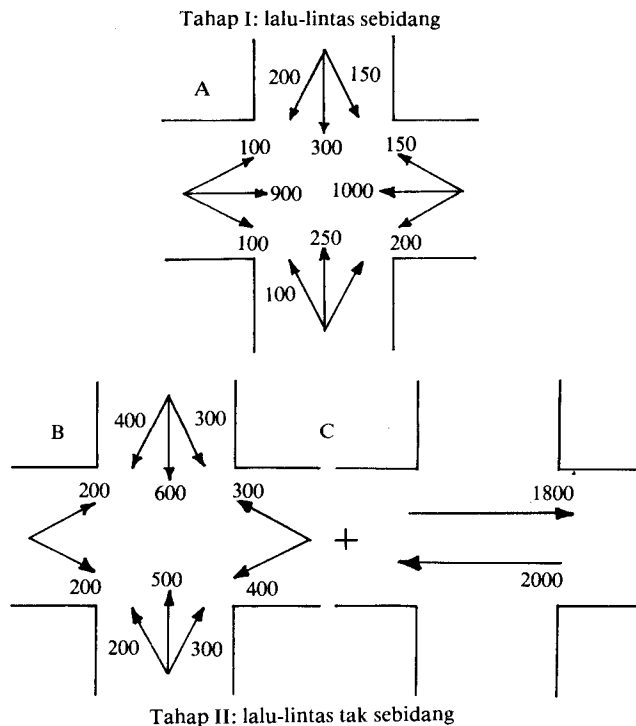
Tentu saja jalan selipan sedapat mungkin harus langsung menghubungkan jalan utama yang satu kepada yang lain, tergantung pada tuntutan rancangan geometrik. Walaupun demikian, sebuah jalan selipan pada suatu simpang susun yang padat lalu lintas hendaknya jangan terlalu pendek. Hal ini mengingatkan bahwa jalan selipan mungkin saja harus menjadi jalan cadangan pada jam puncak untuk membantu menampung arus lalu lintas pada jalan utama. Dalam keadaan demikian dapat dianjurkan memperpanjang jalan selipan sebagai jalan cadangan.

### Bundaran bertingkat

Seperti telah dijelaskan, bundaran bertingkat pada persimpangan adalah ideal bagi tahap pembangunan, bundaran itu dirancang sebagaimana halnya bundaran sebidang seperti yang telah kita kenal. Rancangan didasarkan paling tidak atas dua syarat: tahun rancangan tahap pertama, bundaran sebidang; dan tahun rancangan tahap akhir, bundaran bertingkat. Pada tahun rancangan tahap akhir, jalan utama bagi lalu lintas lurus dipisahkan dari rancangan bundaran; dengan demikian, bundaran dirancang untuk melayani seluruh lalu lintas *kecuali* lalu lintas terus pada jalan utama. Rancangan ini kemudian ditilik/dicoba terhadap *seluruh* arus lalu lintas pada tahun rancangan tahap pertama dan bila ternyata cukup memadai, *kemudian* dibangun pada bakuan (standar) itu, tanpa jalan layang.

Dalam Gambar 9.7 secara diagram arus lalu lintas pada suatu persimpangan ditunjukkan, untuk mudahnya, dengan menganggap

bahwa lalu lintas dalam waktu sepuluh tahun, ditunjukkan dalam diagram A. Dalam 25-30 tahun sejak sekarang lalu lintas pada persimpangan, dianggap, akan menjadi dua kali lipat keadaan sepuluh tahun. Pada saat itu persimpangan akan dibuat bundaran bertingkat, jadi arus lalu lintas pada rancangan bundaran yang diusulkan ditunjukkan seperti diagram B. Sementara lalu lintas lurus (terus) akan dilayani oleh jalan layang sebagai ditunjukkan oleh diagram C. Dengan demikian kita merancang bundaran untuk keadaan seperti diagram B, menilikinya untuk keadaan A, dan membangunnya untuk menampung lalu lintas sampai 10 tahun, sampai pada keadaan A. Dalam jangka waktu 10 tahun, konstruksi diselesaikan dengan menyediakan jalan layang (dua alur ganda). Persimpangan kemudian akan mampu melayani lalu lintas 15-20 tahun sampai mencapai proporsi seperti diambarkan dengan diagram B dan C.



Gambar 9.7

Tahap pembangunan bundaran bertingkat - arus lalu lintas

Dengan alasan yang jelas, lalu lintas bisa jadi masuk ke jalur pada suatu persimpangan berikutnya, barangkali bahkan perlu berambing dari satu alur ke alur lain. Oleh karena itu, persimpangan-persimpangan seharusnya dibangun tidak terlalu berdekatan. Jarak yang tidak cukup akan menyebabkan pengurangan kecepatan gerak arus lalu lintas utama — dan itu berarti mengurangi arti peranan distributor utama. Oleh karena itu disarankan agar jarak antara dua persimpangan berurutan tidak kurang dari 1 km ( $\frac{1}{2}$  mil), jarak pusat ke pusat; namun, celaknya, hal ini seringkali sangat tidak mungkin diterapkan di kota. Di Inggris jarak minimum dari pusat ke pusat persimpangan pada jalan raya (motor) ditetapkan 540 m (1800 ft) dengan catatan 180 m (600 ft) masing-masing untuk percepatan dan perlambatan dan 180 m (600 ft) untuk berambing antara dua persimpangan.

#### Ringkasan

- (1) Persimpangan prioritas yang terbaik diubah menjadi dua simpang T berambing dengan penyaluran yang memadai.
- (2) "Peningkatan" selanjutnya adalah lampu lalu lintas atau bundaran, khususnya pada persimpangan dengan lalu lintas belok yang besar.
- (3) Rancangan bundaran tergantung atas arus ambing dan panjang yang cukup untuk berambing.
- (4) Rancangan simpang layang terbagi menjadi tiga bagian: keluar, pergerakan, dan masuk.
- (5) Bundaran bertingkat adalah salah satu yang paling penting, dipergunakan pada tahap pembangunan.



## **BAB X**

### **RANCANGAN LALU LINTAS**

#### *Parkir*

Pada Bab 7 kita ketahui bahwa fasilitas parkir, dibedakan atas fasilitas di jalan atau di luar jalan dan kita telah meninjaunya agak terperinci persoalan-persoalan serta keuntungan-keuntungan parkir di jalan. Sekarang marilah kita bahas parkir di luar jalan.

Parkir di luar jalan dibagi lagi atas dua jenis, yaitu pelataran parkir dan garasi susun. Keduanya menyangkut modal yang besar, karena itu harus ditempatkan dengan cukup pertimbangan ekonomi maupun operasinya. Ia juga menyangkut pengerjaan staf, dan sekali lagi, fasilitas dibedakan atas dua kelompok, yakni fasilitas untuk pengemudi (peparkir) memarkir sendiri kendaraannya, dan fasilitas untuk petugas atau pemarkir yang memarkirkan kendaraan.

#### *Parkir oleh pelanggan atau petugas parkir dan pemarkir?*

Rata-rata pengemudi bukanlah ahli parkir. Mereka sering, secara tidak sadar, menyisakan ruang lebih banyak daripada seperluanya antara mobilnya dengan mobil di sebelah, di depan, atau belakangnya. Seorang petugas parkir, yang tidak mengerjakan hal lain selain memarkir kendaraan, akan selalu menjejalkan lebih banyak mobil ke dalam tempat yang tersedia. Sama halnya dengan parkir oleh petugas, selama pengemudi meninggalkan kuncinya di mobil, mobil itu dapat diparkir saling berdekatan, dan petugas tentu saja dapat menggesernya bila diperlukan agar kendaraan lain dapat keluar. Sekali lagi, parkir oleh petugas berarti lebih banyak kendaraan per ruang tersedia.

Peminta parkir tidaklah tetap sepanjang hari, meskipun pada umumnya terdapat jumlah besar kendaraan datang pada pagi hari dan jumlah besar keluar pada malam hari. Semuanya dengan mengharap dapat parkir dan "lepas parkir" dengan cepat. Parkir oleh petugas berarti jumlah besar petugas bertugas pada jam padat (sibuk) saja (yang pada umumnya sangat sulit mengaturnya) atau penundaan parkir, yang akan cenderung memerosotkan usaha. Dalam hal demikian, jelas parkir oleh pengemudi lebih menguntungkan, dan keuntungan ini akan bertambah dengan tidak keberatannya pemilik mobil menyerahkan kunci mobilnya.

Jadi pemilihan antara parkir oleh pelanggan atau petugas tergantung pada keadaan. Di tempat yang harga tanahnya tinggi, barangkali diperlukan bangunan tinggi yang memungkinkan pemanfaatan parkir secara maksimum dan pada umumnya mengarah pada parkir oleh petugas. Di kota kecil yang harga tanah lebih murah, bangunan bisa lebih rendah dan bidang tanah untuk pelataran parkir dapat disediakan; di sini parkir oleh pelanggan (parkir sendiri) barangkali adalah jawabannya. Namun, setiap kasus perlu dilihat secara terpisah dan digarap secara tersendiri.

#### *Pelataran parkir atau garasi susun?*

Sekali lagi, pilihan antara penyedia pelataran parkir dan parkir bersusun akan sangat tergantung pada harga tanah. Suatu taman parkir yang beroperasi di pusat kota London, dengan harga tanah setinggi awan, tidak perlu dipersoalkan lagi, kecuali dalam hal penggunaan tanah jangka pendek selama pembangunan. Sama halnya, sebuah bangunan parkir bersusun di sebuah desa kecil jelas tidak dapat "diterima"; tanah sangat murah, kebutuhan relatif sangat rendah, dan tanah mudah diperoleh. Setiap kasus harus ditinjau terpisah, dengan pertimbangan keuntungan ekonomis.

#### *Denah fasilitas parkir*

Bergantung pada denah kendaraan, suatu bidang parkir seluas 1000 m<sup>2</sup> dapat menampung 37 kendaraan (150 kendaraan per are). Denah yang paling ekonomis pada setiap bidang parkir atau garasi bersusun

adalah memarkir kendaraan-kendaraan tegak lurus ( $90^\circ$ ) terhadap garis sumbu dan menyediakan petak berukuran 2.45 m x 5.50 m (8 ft x 18 ft). Dengan parkir 90%, dibutuhkan gang selebar 5.50 m (18 ft) untuk lorong dua arah atau 3.65 m (12 ft) untuk lorong satu arah agar kendaraan dapat dengan mudah keluar masuk petak parkir.

Tidak semua pengemudi kendaraan dapat dengan mudah keluar dari petak parkir. Oleh karena itu, pada bidang parkir dapat pula diatur parkir  $45^\circ$  mengikuti pola tulang ikan. Secara keseluruhan bidang yang diperlukan lebih luas, namun hanya 12 persen. Apabila tanah tidak mahal, maka pola ini lebih banyak digunakan. Pada bangunan parkir bersusun denah parkir akan selalu bersudut  $90^\circ$  dan apabila mungkin didasarkan pada lorong satu arah. Pada pelataran parkir, denah pada umumnya ditentukan oleh bentuk dan posisi tempat; namun yang disukai adalah lorong searah.

#### *Bangunan parkir bersusun*

Persoalan lalu lintas adalah persoalan yang lebih banyak terjadi di kota; dan pada kawasan kota yang lebih luas, sebagaimana telah kita ketahui, pelataran parkir akan tidak ekonomis kecuali untuk kurun waktu pendek, dan rancangan parkir pada umumnya berupa bangunan parkir bersusun. Garasi susun dapat dikelompokkan dalam dua jenis yakni:

- (a) garasi tanjak (*rumped garages*),
- (b) garasi mekanik.

Parkir garasi tanjak seringkali oleh pengemudi, tetapi untuk alasan tertentu, garasi mekanik hampir selalu merupakan sistem parkir oleh petugas.

Suatu garasi tanjak dapat dibangun dengan berbagai rancangan dasar, namun dalam banyak kasus, terutama bila parkir oleh pengemudi diberlakukan, maksimum hanya 5 tingkat. Sebagai tambahan, pengalaman di Amerika menunjukkan bahwa kapasitas keseluruhan sebuah garasi hendaknya dibatasi sampai 500 petak parkir. Pada dasarnya, jenis rancangannya adalah lantai bertingkat dan lantai miring. Garasi lantai bertingkat dapat terdiri atas lantai-lantai "biasa", atau

lantai-lantai bertingkat di kedua sisi lorong akses utama; lorong-lorong ini dapat langsung berada pada lantai yang bersangkutan, atau berpilin dan di luar terpisah dari lantai parkir. Pilihan antara jenis-jenis rancangan akan cenderung tergantung pada denah tapak masing-masing dan harga bangunan. Suatu garasi lantai miring barangkali yang terbaik karena sepanjang lorong pun dapat ditempatkan parkir. Kemiringan lantai, atau tanjakan, hendaknya tidak lebih dari 5 persen, sementara pada garasi bertingkat satu tanjakan pendek (tidak lebih panjang dari 15 m (50 ft) dapat miring sampai 15 persen.

Garasi mekanis bukan menggunakan tanjakan melainkan menggunakan peralatan mekanis, yang mempunyai keuntungan karena dapat menjejalkan kendaraan lebih banyak pada tempat yang ada. Lebih dari itu, garasi dapat dirancang dalam ukuran tinggi kendaraan (mobil) bukannya dalam ukuran tinggi orang berdiri. Walaupun demikian karena prasangka pengemudi, garasi mekanis telah terbukti kurang populer di Inggris dibandingkan garasi tanjak.

#### *Ruang cadangan*

Pada pintu masuk maupun keluar dari setiap bangunan parkir bertingkat, dan setiap taman parkir sangat perlu tersedia ruang cadangan;

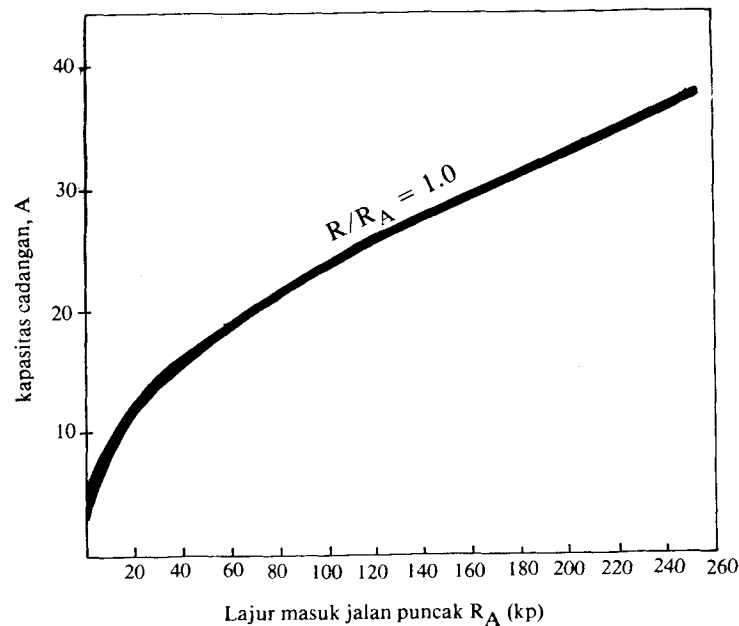
- (a) untuk memungut biaya parkir dan mengumpulkan kartu "waktu";
- (b) untuk menunggu seorang petugas yang akan mengambil kendaraan;
- (c) untuk menunggu kemacetan lalu lintas di jalan di luar bangunan pada saat jam sibuk, yang memungkinkan peparkir dapat pergi ke mana saja.

Tidaklah cukup hanya mengetahui bahwa ruang cadangan itu diperlukan; kita harus dapat memperhitungkan berapa luas kebutuhan itu. Guna menghitung itu kita perlu mengetahui:

- (i) laju rata-rata kedatangan kendaraan pada jam sibuk (kendaraan per jam) =  $R_A$ ;
- (ii) waktu rata-rata untuk "menyimpan" kendaraan (bagi seorang petugas untuk mengambil kendaraan, memarkirnya, dan membawa ke ruang cadangan) =  $T$  menit;
- (iii) jumlah petugas parkir yang bertugas =  $N$ .

Jadi  $R$  = laju penyimpanan = 60 N/T kendaraan per jam. (Untuk parkir sendiri,  $R$  hendaknya didasarkan atas angka laju tempat kartu "masuk" dapat dibayar atau diberikan pada pintu masuk).

Apabila kita telah mengetahui bahwa kendaraan-kendaraan akan masuk garasi pada kecenderungan tetap, kita dapat mengatur jumlah petugas atau fasilitas pelayanan kartu, sehingga jumlah kendaraan masuk sama dengan jumlah penyimpanan dan menghapus kebutuhan ruang cadangan. Namun hal ini tidak mungkin. Kendaraan datang pada interval yang tidak sama sepanjang hari. Hal itu telah ditunjukkan bahwa pola kedatangan kendaraan mengikuti pola statistik yang sangat terkenal "distribusi Poisson", yang memungkinkan kita memperkirakannya secara tepat. Kita memperkirakan terminal-terminal parkir dengan kesalahan 1 persen, yang berarti kita menerima bahwa 1 persen waktu akan hilang. Dengan menggunakan teknik statistik dapat disebutkan bahwa:



Gambar 10:1  
Kapasitas ruang cadangan

$$A = 2.4\sqrt{R_A}$$

$A$  adalah jumlah lebih dari rata-rata kendaraan yang datang.

Jadi, apabila  $R = R_A$  (ini berarti bahwa kita menyesuaikan jumlah penyimpanan dengan rata-rata kendaraan masuk), kapasitas cadangan akan sama dengan  $A$  (Gb. 10.1).

Rancangan fasilitas keluar dari bangunan garasi bertingkat tidak terlalu rumit, tetapi ruang cadangan yang diperhitungkan sama dengan fasilitas masuk harus tersedia pula bila dibutuhkan oleh peparkir. Pada pintu masuk maupun keluar dari garasi bertingkat adalah ideal apabila jalan umum di luar dapat berupa jalan samping dan jalan satu arah. Hal ini akan sangat menyederhanakan penggabungan lalu lintas, khususnya pada saat sibuk parkir dan jam "keluar".

#### Penempatan fasilitas parkir

Secara ideal, bangunan garasi bertingkat tidak dibangun terlalu jauh dari tempat yang ingin dituju oleh peparkir, kurang lebih 300 - 400 meter (yard) adalah jarak berjalan yang pada umumnya masih dianggap dekat; bila lebih dari itu, maka ia akan mencari alternatif tempat parkir lain, karena berkeberatan atas berjalan "jauh". Untuk mendapatkan titik ideal bagi bangunan garasi bertingkat, permintaan-permintaan dari berbagai kawasan kecil dikalikan dengan jaraknya dari satu titik tertentu, seperti dalam perhitungan "momen". Jadi, menentukan "pusat parkir" yang teoretis adalah lokasi ideal. Namun, sebuah bangunan garasi harus dibangun di tempat yang memungkinkan. Dengan demikian, "pusat parkir" hanyalah sebagai petunjuk umum, barangkali untuk menentukan pilihan di antara dua tempat yang memungkinkan.

#### Ringkasan

- (1) Oleh karena harga tanah mahal, parkir di luar jalan pada daerah perkotaan (persoalan pokok) pada umumnya dilakukan pada bangunan garasi bertingkat.

- (2) Pengemudi memilih parkir sendiri di garasi bertingkat yang tidak lebih tinggi dari lima tingkat, dengan kapasitas 500 kendaraan. Lebih baik beberapa garasi kecil daripada sebuah yang besar namun jauh dari pusat parkir (*parkir centroid*).
- (3) Parkir 90° adalah paling ekonomis, dengan akses satu arah.
- (4) Ruang cadangan harus tersedia guna menghindari kemacetan di jalan luar, sebaiknya dibuat jalan satu arah.

## BAB XI KESELAMATAN LALU LINTAS

### *Kecelakaan*

Kita telah membahas, kadang-kadang terperinci, kadang-kadang lebih umum, semua aspek teknik perlalulintasan yang terkandung dalam definisi yang telah dikutip pada awal buku ini, yaitu keselamatan lalu lintas. Hal ini mungkin yang terpenting, mengingat nilai kecelakaan di Inggris, dalam istilah ekonomi, menelan jumlah lebih dari 250 juta pound setiap tahun. Sudah barang tentu kita tidak dapat mengabaikan aspek keselamatan. Semua yang telah dilakukan sejauh ini didasari atas kebutuhan mengurangi kecelakaan sampai batas minimum.

### *Faktor-faktor kecelakaan*

Kecelakaan disebabkan oleh banyak faktor, tidak sekedar oleh pengemudi yang buruk, atau pejalan yang tidak berhati-hati. Di antara faktor-faktor pokok penyebab kecelakaan adalah:

- (a) kerusakan kendaraan,
- (b) rancangan kendaraan,
- (c) cacat pengemudi,
- (d) permukaan jalan, dan
- (e) rancangan jalan.

Hampir 10 persen dari semua kecelakaan yang terjadi di Inggris setiap tahun disebabkan oleh kerusakan mekanis pada salah satu atau beberapa kendaraan yang tersangkut kecelakaan. Kerusakan rem, kerusakan kemudi, ban pecah, adalah sebab-sebab yang paling sering ter-

jadi. Di Inggris dan di beberapa negara Eropa, pemeriksaan tahunan kendaraan secara teratur telah dilembagakan. Pemeriksaan ini adalah cara terbaik untuk mengurangi faktor-faktor penyebab kecelakaan itu. Usaha lebih lanjut untuk mengurangi jumlah kecelakaan bisa pula dicapai melalui propaganda, seperti dilaksanakan di Inggris dalam kampanye tapak ban; "You know it makes sense."

Rancangan kendaraan dapat merupakan faktor yang besar sahamnya bagi kedahsyatan suatu kecelakaan. Sebagai misal, tombol yang menonjol pada kaca depan mobil dapat membahayakan dan menyebabkan cedera atas penumpang yang terlontar pada saat tubrukan, atau batang kemudi dapat menembus dada pengemudi. Penyempurnaan yang mungkin dilakukan dalam kaitan dengan sebab-sebab kecelakaan sebagian terbesar ada di tangan pabrik mobil. Tentu saja pemerintah dapat mengarahkan pabrik-pabrik, seperti telah berlaku di Amerika Serikat dengan peraturan-peraturan keamanan atas kendaraan-kendaraan bermotor.

Adalah jelas bahwa kesalahan pengemudi merupakan faktor utama dalam banyak kejadian kecelakaan. Banyak penelitian atas aspek yang lebih sosiologis pada teknik lalu lintas, yang dilakukan di Amerika Serikat, telah menemukan, misalnya, kelelahan pengemudi, keje-muan, atau cacat tubuh tercatat hampir 6 persen daripada seluruh kecelakaan fatal. Sama halnya, alkohol adalah faktor utama dalam 8% kecelakaan fatal. Ditemukan pula bahwa faktor usia pun berperan dalam kecelakaan; pengemudi di bawah usia 25 tahun lebih banyak tersangkut kecelakaan dibandingkan dengan pengemudi yang lebih tua.

Penemuan yang menarik selanjutnya telah diketahui pula dalam kecenderungan kecelakaan, yaitu adanya "pengulang kecelakaan". Dalam tingkat tertentu, hal ini ditunjukkan dalam tabel berikut yang menunjukkan persentase antara dua kelompok pengemudi taksi, dalam hal ini mereka adalah pengulang kecelakaan dan yang belum pernah kecelakaan (sekali lagi ini adalah data di Amerika).

Dari tabel berikut ini barangkali dapat ditarik kesimpulan bahwa para pengulang kecelakaan seringkali adalah para pelanggar norma, norma sosial dan cenderung agresif; tentunya mereka adalah orang-orang yang menderita satu atau beberapa persoalan sosial.

Rekor sosial	Pengulang kecelakaan %	Belum pernah kecelakaan %
Pernah tersangkut perkara pengadilan anak-anak	17	2
Pernah tersangkut perkara pengadilan "dewasa" (selain pelanggaran lalu lintas)	34	1
Pernah terkena penyakit kelamin	14	0

Kecelakaan yang disebabkan oleh kesalahan-kesalahan pengemudi dapat dikurangi dengan berbagai cara seperti berikut ini.

- Pembatasan umur dalam pemberian SIM (di Inggris mempunyai batas usia lebih muda namun tidak ada batas usia tua).
- Undang-undang yang melindungi para pengemudi jarak jauh (undang-undang melarang para pengemudi truk gandan untuk tidak berada di belakang kemudi lebih dari kurun waktu tertentu, dan ini mengurangi apa yang kita ketahui sebagai faktor kelelahan).
- Ujian pengemudi.
- Peraturan pengamanan (misalnya, ketentuan adanya sabuk pengaman pada semua kendaraan; menyatakan suatu tindakan melanggar hukum bagi pengemudi yang ternyata dalam darahnya mengandung sejumlah alkohol dalam persentase tertentu, *Britain's 'breathalyser'*).
- Publikasi atau propaganda [kampanye di Inggris, *Keep death of the roads* (Hindarkan kematian di jalan); *Don't ask a man to drink and drive* (Jangan minum dan mengemudi); *Check your tyres — before the Law does* (Periksalah ban, sebelum Hukum melakukannya), semuanya telah menunjukkan pengaruhnya dalam mengurangi kecelakaan .

Satu di antara lima kecelakaan adalah karena kendaraan selip pada permukaan jalan yang licin, basah, atau berlapis es. Selip dapat dikurangi dengan cara memberikan perhatian khusus atas susunan la-

pisan perkerasan jalan, dan (apa yang kadang-kadang dilupakan) membuat fasilitas drainase untuk mengalirkan air dari permukaan jalan, yang dengan demikian mencegah timbulnya lapisan es. Juga dalam rancangan geometrik jalan, hal-hal seperti selip dapat dikurangi dengan menghindarkan belokan tiba-tiba atau belokan tajam yang dapat menimbulkan selip, dengan lapisan permukaan yang terbaik.

#### *Kecelakaan karena rancangan jalan*

Kecelakaan-kecelakaan sebagian atau seluruhnya, disebabkan oleh rancangan jalan, seperti tikungan-tikungan, penjajaran, persimpangan, dan tanda-tanda, dan teknik lalu lintas adalah bagian daripadanya.

Kurang lebih 16 persen dari seluruh kecelakaan, baik di perkotaan maupun di pedesaan, tetapi di persimpangan-persimpangan; dan di daerah metropolitan jumlah itu jauh lebih banyak. Oleh karena itu, banyak teknik-teknik peralululintasan guna mengurangi kecelakaan dipusatkan pada persimpangan-persimpangan. Dalam Bab 5 (Gambar 5.3) telah kita ketahui bahwa dalam satu persimpangan yang sederhana telah terdapat 20 "titik konflik" atau titik potensi kecelakaan. Penempatan lampu lalu lintas pada persimpangan-persimpangan itu mengurangi jumlah kecelakaan sampai lebih kurang 40 persen, atau pengadaan bundaran telah mengurangi jumlah kecelakaan kira-kira 50 persen. Namun yang jauh lebih aman dari kecelakaan dicapai dengan cara mengatur pergiliran pada jalan yang berpotongan. Giliran belok kiri kanan adalah yang terbaik, telah mampu mengurangi kecelakaan sebanyak 60 persen. Cara-cara itu adalah:

<i>Peningkatan</i>	<i>Penurunan jumlah kecelakaan</i>
Larangan "dilarang menunggu"	30 persen
Penjajaran tikungan	80 persen
Jalur ganda	30 persen
Pandangan bebas pada persimpangan	30 persen

Jelaslah pula, apabila jumlah persimpangan sepanjang jalan dapat dikurangi maka kemungkinan kecelakaan akan dikurangi dan yang lebih penting kecelakaan pun akan menurun. Hal ini menyebabkan para pengemudi menjadi lebih berhati-hati. Dengan penggabungan daya simpang T menjadi satu, lalu lintas pada suatu jalan dialihkan ke jalan lain sehingga arus lalu lintas pada jalan itu belakangan men-

jadi lebih besar. Dengan demikian para pengemudi lebih berhati-hati dan kecelakaan menurun. Telah terbukti bahwa jumlah kecelakaan dengan cara itu berkurang dengan kira-kira 70 persen daripada jumlah kecelakaan pada dua simpang T yang digunakan kedua-duanya.

Cara lain yang jelas mengurangi jumlah kecelakaan adalah memisahkan para pejalan dengan kendaraan, pejalan dan kendaraan terpisah. Cara yang umum digunakan adalah dengan membangun rel atau pagar pemisah sepanjang sisi jalur pejalan pada simpangan yang ramai. Pagar hendaknya dipancangkan lebih kurang 0.5 meter atau 18 inci agak mundur dari garis sisi jalan (*kerb*) agar pejalan yang berbuat kekeliruan masih bisa menyelamatkan diri. Pagar pemisah menuntun para pejalan ke garis sebra, yang merupakan cara aman untuk menyeberang; namun sungguh menarik untuk dicatat bahwa pada jarak 45 meter (50 yard) dari garis sebra justru adalah tempat yang lebih berbahaya daripada tempat lain di sepanjang jalan.

Pemisahan pejalan dan kendaraan telah diusahakan lebih jauh dengan menyediakan jembatan atau terowongan penyeberangan, tetapi para pejalan kurang senang menuruni tangga terowongan atau menaiki tangga jembatan penyeberang, apabila mereka dapat menyeberang begitu saja. Terowongan ternyata lebih disukai oleh para pejalan, tetapi biaya pembangunan terowongan jauh lebih mahal daripada biaya pembangunan jembatan penyeberangan. Bagaimanapun Laboratorium Penelitian Jalan telah menemukan bahwa para pejalan akan mau menggunakan terowongan atau jembatan apabila waktu perjalanan dapat dipersingkat; jadi penggunaan pagar pemisah untuk menunjukkan bahwa tanpa terowongan atau jembatan justru akan memerlukan waktu lebih lama.

Pada kota-kota dan kawasan perumahan yang baru dirancang, prinsip pemisahan pejalan dan kendaraan diterapkan lebih jauh. Misalnya, di Cumberland Newtown di Scotland, dibangun dua jaringan jalan lengkap, yang terpisah satu sama lain — satu untuk kendaraan dan satu untuk para pejalan. Mungkin ini adalah kelanjutan dari rancangan Radburn.

Meskipun demikian, bagi semua prinsip umum maupun rancangan baru, selalu tetap ada "titik hitam kecelakaan" pada sistem jalan yang ada. Kesemuanya ini hanya bisa dilokalisasi dengan mencatat secara teliti sebab-sebab terjadinya kecelakaan; dan kemudian diketahui

cara tertentu untuk menghindarkan persoalan. Jadi perlu dilakukan pencatatan kecelakaan secara luas dan terus-menerus.

#### Pencatatan kecelakaan

Pencatatan kecelakaan hendaknya dilakukan bagi setiap kota dan daerah sekelilingnya. Pencatatan ini dilakukan dalam dua bentuk: (1) peta kecelakaan (pada skala 1/2500) yang menunjukkan setiap kecelakaan, dan (2) peta khusus "persimpangan hitam" dengan skala lebih besar (barangkali 1/500), yang memuat sebab-sebab kecelakaan secara lebih terperinci. Untuk melengkapi peta-peta diperlukan pula beberapa bentuk kartu pencatatan kecelakaan, disesuaikan namanya dengan yang ada, pada peta (komputer digunakan pula dalam pencatatan dan analisis data kecelakaan).

Cara yang baik untuk mencatat kecelakaan pada peta kota (dan ada beberapa cara yang sejenis, dalam beberapa kasus) menunjukkan setiap kecelakaan dengan angka-angka yang dilengkapi, misalnya:

**7/32** menunjukkan kecelakaan ke-32 pada bulan ke-7

Lingkaran-lingkaran dapat dibuat berbeda warna untuk menunjukkan perbedaan derajat kecelakaan, seperti:

Fatal ..... merah  
Berat/Gawat ..... biru  
Ringan ..... hijau  
Hanya kerusakan ..... hitam

(Catatan: "hanya kerusakan", di Inggris tidak *harus* dicatat)

Bidang dalam lingkaran dapat pula diberi warna untuk menunjukkan jenis kecelakaan, seperti:

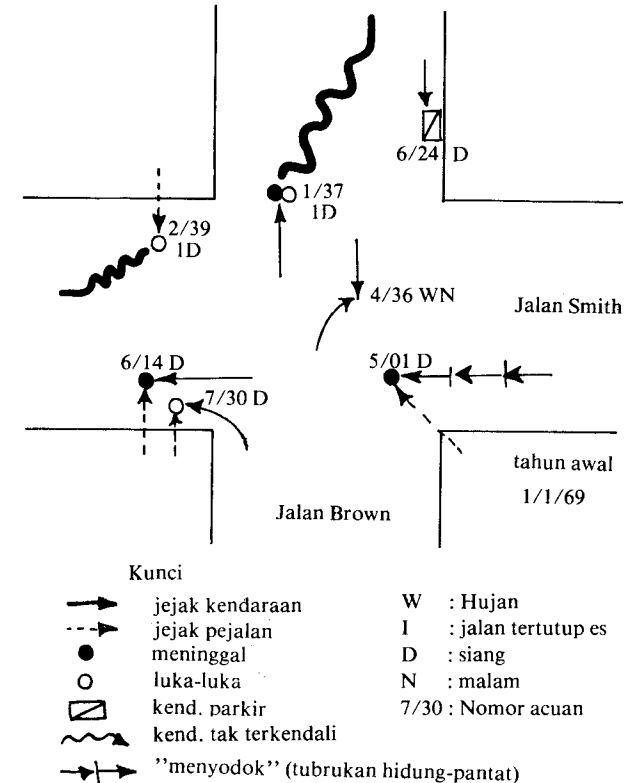
Pejalan ..... merah  
Sepeda/sepeda motor ..... biru  
Kendaraan penumpang ..... hijau  
Kendaraan berhenti ..... kuning  
Penumpang turun atau naik kendaraan ..... jingga

Pewarnaan bidang dalam lingkaran dilakukan hanya setengahnya bagi kecelakaan pada siang hari dan penuh bagi kecelakaan pada malam hari. Demikian pula apabila dalam kecelakaan terdapat unsur selip,

(hal ini menunjukkan bahwa permukaan jalan patut diperiksa), maka S dapat ditambahkan di samping lingkaran.

Dengan demikian suatu kecelakaan tertentu dengan warna lingkaran biru dengan warna merah setengah, dan huruf S, mengandung arti kecelakaan pejalan yang berakibat fatal pada siang hari karena kendaraan selip. Keterangan lebih lanjut ada pada kartu S **7/32**.

Pada peta kecelakaan yang terperinci titik-titik hitam kecelakaan pada umumnya menggambarkan jejak kendaraan dan pejalan bersama-sama, sekali lagi, dengan nomor pencatatan. Model ini ditunjukkan pada Gambar 11.1.



Gambar 11.1

Peta kecelakaan di perempatan

Kartu pencatatan, seperti yang telah disebutkan dapat berupa kartu berlubang seperti yang sudah diketahui sebagai kartu *Cope-Chat*; atau, bagi daerah kota yang luas, digunakan kartu komputer. Yang penting adalah agar dapat menyelidiki semua kecelakaan berdasarkan sebab atau setiap kecelakaan pada lokasi tertentu.

### Laju kecelakaan

Statistik kecelakaan yang juga berguna adalah laju kecelakaan yang berakibat luka-luka, (PI = *personal injuring*), yang memungkinkan kita membandingkan frekuensi kecelakaan di satu tempat dengan tempat lain. Guna membakukan laju kecelakaan PI diperhitungkan jumlah kecelakaan per juta kilometer kendaraan, misalnya:

$$\text{Laju PI} = \frac{3000 n}{VL} \quad \text{atau lebih pasti} \quad \frac{1,000,000 n}{365 VL}$$

$n$  = jumlah kecelakaan pada suatu ruas jalan per tahun

$V$  = arus lalu lintas (dua arah) dalam jumlah kendaraan per hari

$L$  = panjang ruas jalan dalam kilometer

Ciri-ciri laju PI adalah:

Pusat kota . . . . .	5 sampai 13 PI kecelakaan/ juta kilometer kendaraan (8 sampai 20 PI kecelakaan/ juta unit kendaraan)
Kawasan perumahan . . . . .	2.5 sampai 4.5 PI kecelakaan/ juta kilometer kendaraan (4 sampai 7 PI kecelakaan/ juta unit kendaraan)
Jalan luar kota . . . . . (jalur ganda)	1.0 PI kecelakaan/ juta kilometer kendaraan (1.6 PI kecelakaan/ juta unit kendaraan)
Jalur motor . . . . .	0.4 PI kecelakaan/ juta kilometer kendaraan (0.6 PI kecelakaan/ juta unit kendaraan)

Ada gunanya menampangkan laju kecelakaan di ruas-ruas jalan pada peta. Lebar peta pada jalan menunjukkan ukuran laju kecelakaan. Dengan demikian secara sepintas dapat dilihat atau diketahui ruas jalan yang mempunyai perbedaan menyolok dalam suatu kawasan — dan mengamatinya.

### Ringkasan

- (1) Kecelakaan tidak semata-mata disebabkan oleh pengemudi; kendaraan sendiri dapat menyebabkan kecelakaan, demikian pula dengan rancangan jalan yang jelek.
- (2) Orang-orang dengan persoalan sosial tertentu cenderung menjadi "pengulang kecelakaan".
- (3) Mengurangi jumlah persimpangan berarti mengurangi jumlah kecelakaan; karena itu, gabungkanlah persimpangan-persimpangan sebelum masuk ke jalan utama.
- (4) Pemisahan pejalan dan kendaraan adalah rancangan yang ideal.
- (5) Pencatatan kecelakaan hendaknya selalu dilakukan agar dapat dilokalisasi daerah "titik hitam".



## BAB XII

### ELEMEN STATISTIK DALAM TEKNIK LALU LINTAS

Perlu diingatkan bahwa dalam bab ini kita akan kembali melihat kecepatan sebagai suatu angka murni terlepas dari ukuran mpj, meter/detik atau km/jam, karena hanya akan bersangkutan-paut dengan metode, dan dalam hal ini satuan-satuan tidaklah penting. Dalam kenyataan praktek, hal ini harus selalu dispesifikasi secara hati-hati.

Dalam bab-bab sebelumnya kita telah membahas metode pengumpulan data pergerakan lalu lintas dan tingkah lakunya, tetapi sejauh ini kita belum membahas bagaimana *menggarap* data itu. Pada saat pengamatan, misalnya kecepatan saat lalu lintas sepanjang sebuah jalan, lebih kurang 100 atau lebih catatan kecepatan dikumpulkan:

33; 29; 30; 28; 15; 32; 40 . . . . dan seterusnya

Bagaimana akan dinyatakan, dalam bentuk umum dan mudah dipahami, angka-angka tersebut di atas?

#### *Menggarap kumpulan data*

Pertama, agar angka-angka lebih mudah dikelola dan juga menghindarkan ketepatan semu —mengingat catatan kecepatan tidak 100 persen tepat karena setiap kasus hanya diperlukan ketepatan waktu dalam detik—angka-angka dikelompokkan, misalnya dalam tiga detik-an:

Kelompok kecepatan 15-17, 18-20, 21-23, 24-26, 27-29, 30-32, 33-35, 36-38, 39-41.

(Yang berarti: 14½ + sampai 17½, 17½ + sampai 20½, 20½ + 23½, dan selanjutnya).

Kemudian kita menghitung banyaknya catatan kecepatan yang tergolong ke dalam kelompok-kelompok kecepatan, dan dengan membagi banyaknya catatan kecepatan dalam satu kelompok dengan jumlah seluruh pencatatan yang dilakukan, diperoleh persentase kecepatan dalam kelompok itu.

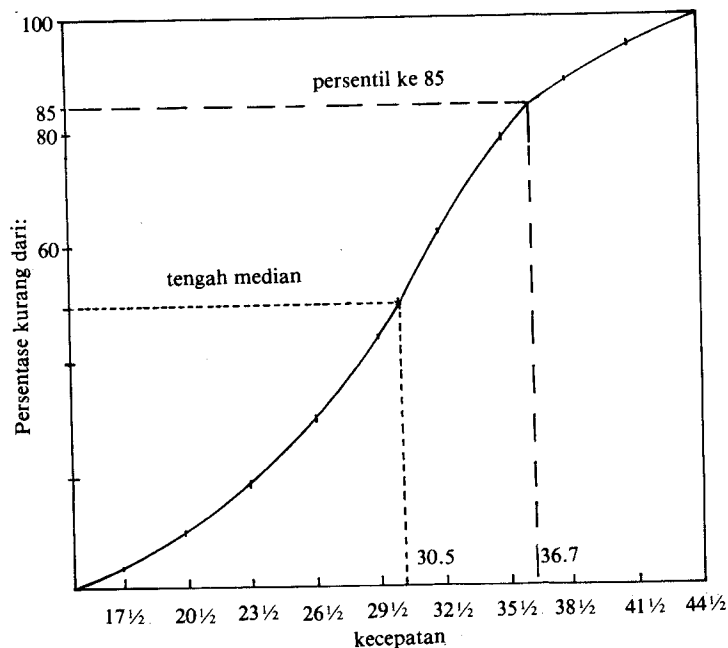
Misalnya, dalam Tabel 12.1, kita mempunyai 161 data dan 20 daripadanya berada dalam kelompok kecepatan 24 - 26. Dengan demikian persentase data adalah  $20 \times 100/161 = 12.4 = 12$  sebagai angka bulat terdekat. Persentase kumulatif diperoleh dengan menambahkan persentase kecepatan kelompok berturut-turut, yang hasilnya selalu lebih kecil daripada persentase yang tertinggi. Demikianlah ada 2 data dalam kelompok pertama, 6 dalam kelompok kedua, 12 dalam kelompok ketiga, dan 20 dalam kelompok keempat, yang meliputi kecepatan lebih dari 23½ sampai 26½. Jadi ada 40 data yang menunjukkan kecepatan di bawah 26½. Perbandingan 40 terhadap 161 adalah 25% (angka ini dalam tabel diperoleh dengan menjumlahkan tiap-tiap persentase bukannya data).

Kelompok Kecepatan	Angka Tengah Kelompok	Banyaknya Data	Persentase Kelompok Kecepatan	Persentase Kumulatif	Angka Tengah × Jumlah Data	
	$x$	$f$			$fx$	$fx^2$
15 - 17	16	2	1	1	32	512
18 - 20	19	6	4	5	114	2,166
21 - 23	22	12	8	13	264	5,808
24 - 26	25	20	12	25	500	12,500
27 - 29	28	30	19	44	840	23,520
30 - 32	31	32	20	64	992	30,752
33 - 35	34	28	17	81	952	32,368
36 - 38	37	15	9	90	555	20,535
39 - 41	40	10	6	96	400	16,000
42 - 44	43	6	4	100	258	11,094
Jumlah	—	161	100	—	4907	155,255

$$\text{Rata-rata} = \frac{4907}{161} = 30.48$$

*Gambar 12.1*  
Tabulasi data kecepatan

Persentase kumulatif yang diperoleh kemudian digambarkan sebagai grafik, berbentuk sebagaimana terlihat pada Gambar 12.2, yang dikenal sebagai *lengkung s*. Dari grafik ini dapat dicari "harga tengah" kecepatan, yaitu kecepatan yang dicapai oleh 50 persen dari seluruh kendaraan dan 50 persen yang lain tidak mencapainya. Titik ini dinamakan kecepatan *persentil ke-50* atau kecepatan *tengah median*, dan diketahui dengan menarik garis mendatar sejajar sumbu mendatar dari titik 50 persen memotong kurva. Dari titik potong ini diproyeksikan kepada sumbu kecepatan, dan diperoleh titik kecepatan  $30\frac{1}{2}$ . Ukuran lain yang berguna adalah kecepatan yang ditempuh oleh persentil ke-85; hanya 15 persen dari seluruh kendaraan yang dapat mencapai kecepatan ini, yang justru sering digunakan untuk menentukan kecepatan rancangan sebuah jalan. Dalam kasus di atas persentil ke-85 adalah 36.7.



Gambar 12.2  
Lengkung S kecepatan

### Angka rata-rata

Kecepatan tengah, seperti tersebut di atas, adalah angka tunggal yang menunjukkan kecepatan semua kendaraan di jalan. Walaupun demikian, angka yang lebih banyak digunakan untuk menunjukkan kecepatan umum adalah kecepatan *rata-rata*.

Kita semua tahu bahwa untuk mendapatkan rata-rata dari sekumpulan angka adalah dengan menjumlahkan seluruh angka itu dan membaginya dengan banyaknya angka dalam kumpulan itu. Dengan seratus data atau lebih pengerjaannya akan sangat menjemukan, maka digunakanlah kelompok data. Jadi, dalam tabel, baris pertama menunjukkan angka tengah 16, berasal dari kelompok kecepatan beranggota dua. Untuk mendapatkan angka rata-rata kita harus menambahkan angka 16 ini dua kali . . . atau  $2 \times 16 = 32$ . Baris berikutnya harus kita tambahkan 19 enam kali . . . atau  $6 \times 19 = 114$ , dan seterusnya. Jumlah seluruhnya yang diperoleh adalah 4907 yang harus dibagi dengan banyaknya data, 161. Hasilnya adalah 30.48, yang menunjukkan kecepatan rata-rata.

Jadi jelas tidak sulit untuk menunjukkan besarnya kecepatan rata-rata. Namun di atas itu semua, apa sebenarnya arti angka itu untuk kita? Mungkin saja di sepanjang jalan kondisinya berbeda-beda dan pada semua kondisi kira-kira didapatkan kecepatan rata-rata yang sama. Semua kendaraan dapat bergerak pada kecepatan yang kira-kira sama, sangat berdekatan dengan kecepatan rata-rata; atau kendaraan-kendaraan dapat bergerak pada kecepatan yang sangat beragam, namun tetap diimbangi dengan yang bergerak dengan kecepatan sekitar rata-rata dan dengan sendirinya saling menyeimbangkan. Atau ada suatu kasus keadaan umum seperti ditunjukkan pada contoh di atas. Guna mendapatkan gambaran yang berguna dan realistis, kemudian kita perlu mengetahui bukan hanya kecepatan rata-rata melainkan juga pencaran variasi kecepatan sekitar harga rata-rata.

Sebaran kecepatan di sekitar kecepatan rata-rata dapat saja diturunkan hanya dengan mencatat *seluruh* data, sebagai contoh adalah dari kecepatan terendah sampai tertinggi. Dalam kasus yang sedang kita amati, sebarannya atau *bentangannya* adalah dari  $14\frac{1}{2}$  sampai  $44\frac{1}{2}$  di sekitar 30. Ini adalah ukuran kecepatan yang berguna, tetapi adalah lebih mudah membayangkan bahwa data itu sangat berdekatan dengan pusat sebarannya, dengan sangat sedikit tersebar di kedua

ekstrem. Jadi bentangan tidak menyajikan gagasan yang baik untuk melihat angka aktual.

### Penyimpangan baku (deviasi standar = standard deviation)

Biasanya mengukur sebaran sekelompok data adalah dengan fungsi ("statistik") yang dikenal sebagai deviasi standar. Deviasi standar adalah penyimpangan rata-rata dari rata-rata angka-angka yang diperoleh, tetapi angka rata-rata itu diperoleh tidak secara langsung melainkan akar rata-rata dari kuadrat penyimpangan, atau seperti kadang-kadang disebut akar rata-rata kuadrat deviasi. Hal itu ditunjukkan dalam persamaan matematik sebagai berikut.

$$s = \sqrt{\frac{\sum fx^2}{\sum f} - \left(\frac{\sum fx}{\sum f}\right)^2}$$

dengan s = deviasi standar  
f = frekuensi, dalam hal ini adalah banyaknya data kecepatan dalam kelompok tertentu  
x = nilai, dalam kasus ini adalah nilai tengah setiap kelompok kecepatan

Pada kasus yang kita hadapi, cara yang paling cepat untuk menyelesaikan perhitungan adalah dengan tabel (Gambar 12.1). Kolom  $fx^2$  diperoleh hanya dengan mengalikan kolom sebelumnya dengan x. Sebagai contoh, pada baris pertama telah diketahui bahwa nilai tengah kelompok dikalikan banyaknya data (yaitu  $fx$ ) adalah 32. Untuk memperoleh  $fx^2$ , nilai tadi harus dikalikan lagi dengan nilai tengahnya, 16; jadi  $fx^2 = 32 \times 16 = 512$ . Demikian juga halnya dengan baris kedua,  $fx^2 = 114 \times 19 = 2166$ .

Kemudian untuk menghitung deviasi standar, kita jumlahkan kolom  $fx^2$  yang hasilnya 155,255, dan membaginya dengan jumlah frekuensi yang nilainya telah diketahui, yakni 161. Di samping itu, kita juga mengetahui  $\sum fx / \sum f$ , yaitu nilai rata-rata. Nilai rata-rata ini harus dikuadratkan dan dikurangkan pada hasil sebelumnya. Jadi, deviasi standar dalam contoh ini adalah:

$$s = \sqrt{\frac{155,255}{161} - (30.48)^2}$$

$$= \sqrt{964.32 - 929.04}$$

$$= \sqrt{35.28}$$

$$= 5.94$$

### Pembakuan deviasi standar

Sekarang kita mengetahui bahwa dengan kecepatan rata-rata 30, 48, sebaran data sekitar angka rata-rata adalah 5.94. Namun, deviasi standar 6 sekitar kecepatan rata-rata 30 mempunyai arti yang berbeda daripada deviasi standar 6 sekitar kecepatan rata-rata 15 atau 50. Dengan deviasi standar 6 sekitar kecepatan rata-rata 15 menunjukkan sebaran yang relatif luas sekali, sedangkan pada kecepatan rata-rata 50 sebarannya relatif sempit. Jalan terbaik untuk diperhatikan dalam statistik adalah membakukan sebaran, misalnya dengan menyajikannya dalam persentase nilai rata-rata. Sebaran yang telah dibakukan dinamakan *koefisien variasi*, yakni:

$$CV = 100s/x$$

dengan s adalah deviasi standar dan x adalah kecepatan rata-rata.

Koefisien variasi (CV) dalam contoh di atas adalah:

$100 \times 5.94/30.48 = 19\%$ . Jika kecepatan rata-ratanya 15, CV adalah 40% dan bila kecepatan rata-ratanya adalah 50, maka CV adalah 12%. Di sini dapat dilihat bahwa CV memberikan kesan yang jelas, bukan hanya sebaran data kecepatan, melainkan juga arti dari penyebarannya.

Sekarang, dengan mengerti arti dan kegunaan deviasi standar serta koefisien variasi, kita akan mampu memahami data yang disajikan dalam bentuk di atas. Namun, bagaimana dengan orang awam yang tidak mengenal deviasi standar atau koefisien variasi? Sebagaimana telah dijelaskan, penyajian informasi kepada orang-orang awam haruslah dalam bentuk yang mudah diterima.

### Pengujian makna perbaikan lalu lintas

Ada penggunaan lain yang lebih penting dari angka deviasi standar. Dalam teknik lalu lintas, penggunaan yang utama adalah untuk menentukan apakah kecepatan rata-rata bertambah secara berarti (*signi-*

*ficance*) atau tidak; dengan kata lain, apakah variasi dalam kecepatan rata-rata disebabkan oleh adanya beberapa perbaikan yang dilakukan atau disebabkan oleh turun naik (fluktuasi) aliran lalu-lintas? Teori yang melatarbelakangi teknik pengujian ini di luar bahasan kita, kita hanya akan mengkaji penggunaannya.

Setelah data kecepatan kendaraan di jalan diukur dan diperoleh hasilnya, kita anggap sekarang ada larangan parkir di jalan serta larangan membelok ke kanan memotong arus lalu lintas. Dari pengalaman kita tentang pengaturan teknik lalu lintas, kita berpendapat bahwa hal ini akan mempercepat arus lalu lintas. Benarkah demikian? Sekali lagi, kita ambil data kecepatan 150 semuanya. Dengan menggunakan teknik yang telah dijabarkan sebelumnya, kita tentukan kecepatan rata-rata sebelumnya. Namun, lihatlah pada data kecepatan yang telah dikelompokkan dalam rangkaian sebelumnya, ada banyak kendaraan berjalan dengan kecepatan antara  $29\frac{1}{2}$  dan  $31\frac{1}{2}$ , dan hanya beberapa yang mencapai kecepatan antara 30.48 sampai 31.90.

Untuk menentukan apakah pertambahan kecepatan 1.42 cukup berarti atau hanya suatu variasi, perlu kita hitung kesalahan baku (*standar error*) perbedaan rata-rata dari:

$$SE = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}$$

dengan  $s_1$  dan  $s_2$  adalah deviasi standar dari dua kumpulan data dan  $n_1$  dan  $n_2$  adalah banyaknya data pada setiap kumpulan.

Kita ambil deviasi standar dari kumpulan data berikutnya, yakni 5.21. Telah diketahui bahwa  $s_1^2$  adalah 35.28 dan  $s_2^2$  adalah  $(5.21)^2 = 27.14$ . Dengan demikian

$$\begin{aligned} SE &= \sqrt{\frac{35.28}{161} + \frac{27.14}{150}} \\ &= \sqrt{0.219 + 0.181} \\ &= \sqrt{0.400} \\ &= 0.63 \end{aligned}$$

Adalah kenyataan statistik bahwa bila perbedaan antara rata-rata itu lebih dari 1.96 kali SE, maka ada kemungkinan bahwa 95% perbedaan rata-rata tidak disebabkan oleh kesempatan tetapi oleh perubahan

yang diakibatkan kebijaksanaan di atas, atau perubahan itu cukup berarti. (Pernyataan ini hanya benar bila cukup banyak data, katakanlah lebih dari 120, digunakan. Bila data lebih sedikit, diperlukan faktor lain dari 1.96).

Perbedaan angka rata-rata = 1.42 dan  $1.96 \times SE = 1.96 \times 0.63 = 1.23$ , lebih kecil dari perbedaan antara rata-rata ( $1.23 < 1.96$ ). Dengan demikian dapat dikatakan, dengan kemungkinan benar 95%, bahwa usaha-usaha pengaturan lalu lintas yang telah dilaksanakan mempunyai pengaruh yang berarti terhadap kecepatan arus lalu lintas.

### Pengujian "Chi-Kuadrat"

Cara lain untuk menilai keberhasilan suatu pengelolaan lalu lintas ditandai dengan berkurangnya kecelakaan. Hal ini memerlukan kajian khusus dari segi statistik untuk menjamin bahwa segala perbaikan pada kenyataannya memang disebabkan suatu usaha bukan sekedar fluktuasi belaka. Dalam analisis ini digunakan cara lain, yaitu ditentukan bilangan statistik  $X^2$  (Chi-kuadrat). Latar belakang teori ini, sekali lagi, berada di luar lipatan bahasan kita, yang diperlukan adalah pemahaman teknik penentuan dan perbandingan statistik. Misalnya: kita berniat membangun pagar pengaman bagi pejalan kaki di suatu persimpangan jalan yang sibuk di pusat kota. Kita perlu mengetahui — dan tentu saja, bila pencatatan kecelakaan dilakukan secara cermat, kita akan segera dapat memanfaatkannya — banyaknya kecelakaan pada persimpangan itu, katakanlah selama dua tahun terakhir. Kita perlu mengetahui pula banyaknya kecelakaan pada bagian lain pusat kota (seluruh pusat kota kecuali persimpangan tersebut di atas) dalam kurun waktu yang sama. Beberapa lama setelah selesai pembangunan pagar pengaman kita mencatat banyaknya kecelakaan pada persimpangan itu dan kecelakaan pada bagian lain pusat kota atau sisi kota. Dengan demikian, kita mengetahui data banyaknya kecelakaan "sebelum" dan "sesudah" adanya pagar pengaman itu dan kita dapat membandingkannya.

Misalnya angka-angka kecelakaan yang kita peroleh adalah:

Sisa kota (kawasan kontrol)...	200	180
Simpangan berpagar (kawasan uji)...	24	10

Kelihatannya pagar pengaman dapat mengurangi laju kecelakaan di

persimpangan lebih dari setengahnya, dan laju kecelakaan di kawasan sisa pun cenderung menurun, barangkali disebabkan adanya beberapa peraturan pemerintah pusat. Apakah pemagaran persimpangan jalan menyebabkan berkurangnya kecelakaan secara berarti atau hanya sedikit mengurangi untuk kemudian naik lagi tahun berikutnya.

Dalam kasus ini kita perlu menguji derajat kepercayaan dari kejadian ini. Kita melakukannya dengan membandingkan hasil-hasil diperoleh dengan metode khi-kuadrat, yang dalam kasus ini dan dengan derajat 95% adalah sama dengan 3.84.

Cara termudah untuk menentukan khi-kuadrat suatu kumpulan terdiri dari empat data adalah dengan menggunakan rumus berikut, yang diungkapkan dengan kata-kata sebagai suatu cara termudah untuk mengingatnya.

$$X^2 = \frac{(\text{Selisih perkalian silang } 72 \times \text{jumlah keseluruhan})}{\text{Perkalian dari semua subjumlah}}$$

Jadi dalam contoh, kita susun sebagai berikut:

Kawasan	Sebelum	Sesudah	Jumlah
Uji	24	10	34
Kontrol	200	180	190
Jumlah	224	190	414

Chi-kuadrat statistik adalah:

$$\begin{aligned} & \frac{(24 \times 180 - 10 \times 200)^2 \times 414}{224 \times 190 \times 34 \times 380} \\ &= \frac{(4320 - 2000)^2 \times 414}{42,560 \times 12,920} \\ &= \frac{5,382,400 \times 414}{549.875.200} \\ &= \underline{4.05} \end{aligned}$$

Nilai ini lebih besar daripada nilai standar 3.84 dan dengan demikian dapat dikatakan, dengan tingkat kepercayaan 95%, telah terjadi perbaikan keadaan sebagai akibat daripada pembangunan pagar pengaman. Apabila didapat angka lebih kecil daripada 3.84 maka perbaikan keadaan hanyalah penambahan fluktuasi saja, bukan karena pembangunan pagar pengaman.

Kurun waktu dalam pengamatan "sebelum" dan "sesudah" adanya pagar pengaman tidaklah perlu sama untuk kedua tempat pengujian itu, yaitu kawasan uji dan kawasan kontrol. Apabila kita meneliti hanya kecelakaan para pejalan pada persimpangan, maka penelitian di seluruh kawasan kontrol pun harus hanya mengenai kecelakaan pejalan.

Kesemuanya ini adalah teknik statistik dasar yang digunakan dalam teknik perlalulintasan. Hendaknya selalu ingat bahwa kita hanya mempertimbangkan mekanisme penggunaan teknik-teknik itu, dan bahwa metode mekanis ini hanya berlaku (valid) dalam jenis penelitian yang telah diuraikan dan hanya tingkat kepercayaan 95%.

### Ringkasan

1. Data kecepatan hendaknya dikelompokkan guna mempermudah pengerjaan dan jika persentasi kumulatif telah dihitung, kecepatan dapat digambarkan seperti sebuah busur (garis lengkung = *ogive*).
2. Salin ungkapan yang paling mewakili untuk menyatakan sekumpulan data adalah *angka rata-rata*, dan sebaran data di sekitar titik pemusat (*central point*) ditunjukkan oleh *deviasi standar/koe-fisien variasi*.
3. Untuk menetapkan apakah kecepatan sebenarnya lebih besar, hitunglah kesalahan standar perbedaan angka rata-rata dan bandingkanlah dengan perbedaan sebenarnya dari angka-angka rata-rata itu.
4. Untuk menentukan apakah laju kecelakaan benar-benar menurun dengan tindakan pengelolaan lalu lintas, hitunglah *khi-kuadrat* dan bandingkanlah dengan angka 3.84 dari derajat kepercayaan 95%.

## INDEKS

- Alinyemen horisontal, 103
- Alinyemen, horisontal, 103
  - vertikal, 105
- Alur percepatan, 121
  - siput, 66
  - perlambatan, 120
  - marka, tanda-tanda jalan, 65
- Ambing, ruas, 114
  - lalu lintas, 114
- Analisis Regresi, 102
- Arus pasang, 61, 62
  - Arus, seret, 59
  - jenuh, 76
  - kecepatan/kaitan, 58,
  - stabil, 59
  - pasang, 62
- Belah ketupat, simpang, 118
- Bentangan, 143
- Berangkat lambat, 75
- Bundaran lalu-lintas, 112
- Bus alur, 66
  - pemberhentian, 66
- Cacat pengemudi, 132
- Cara pengamatan bergerak dalam mengukur kecepatan dan arus lalu-lintas, 37
- Chi - kuadrat, 147
- Data, menggarap, 140
- Detektor tabung pneumatik, 12
- Eneskope, 34, 35
- Faktor kecelakaan, 131
  - smp, 81
  - penggunaan, dalam penghitungan lalu-lintas, 17, 18
- Garasi mekanik, 127
  - penghitungan lalu-lintas, 9, 11
- Garasi - tanjak, 127
- Garis keinginan, 20, 24
- Gerak belok, penghitungan, 43
- Guna lahan, permintaan parkir sebagai fungsi, 54, 55
- Ikut arus, 37
  - metode pengukuran waktu perjalanan, 37
- Jalan silang (jalan layang), 117, 118, 119, 123
- Jembatan atau terowongan, 135

Kapasitas cadangan, 117  
 Kapasitas, 57, 60, 113, 121  
   — cadangan, 117  
   — kekang, 198  
 Kecelakaan, angka dan biaya di Britania, 6, 131  
   — pengaruh rancangan jalan, 134  
   — faktor-faktor, 131  
 Kecepatan median, 142  
 Kecepatan perjalanan, 32  
 Kecepatan rata-rata, 104, 143  
 Kendaraan cacat, rusak, 131  
   — rancangan, 132  
   — kurun tambahan, 71  
   — kepemilikan di Inggris, 3  
   —/pemisahan pejalan, 109  
   — survai tempelan, 28  
 Kendaraan, semboyan diatur, 72  
 Kepemilikan kendaraan di Inggris, 3  
 Konflik, titik, 62, 68  
 Kurun antara, 72  
 Kurun hijau, maksimum, 72  
   — minimum, 72  
 Kurun perpanjangan, kendaraan, 72  
 Kurva penyimpangan, 98  
 Laju kecelakaan, 138  
 lalu-lintas bangkitan, 101  
 Lampu lalu-lintas terpadu, 82  
 Lampu penyeberangan pejalan, 76  
   —/pemisahan kendaraan, 109, 135  
 Landaian, 119, 121  
 Larangan belok kanan, 68  
 Lengkungan S, 142  
 Marka, jalur, 66  
   — jalan, 65  
 Meteran parkir, 88  
 Model lalu-lintas, 102  
 Model penyajian, 29, 41, 44, 49, 56, 138, 145  
 Pagar pemisah, guna, 135, 147, 148  
 Parkir di jalan, 84  
 Parkir di bahu jalan, 84  
 Parkir di luar jalan, 86, 125, 130  
 Parkir bertingkat/bersusun, 126, 127  
 Parkir mobil, lihat Parkir  
 Parkir pamusatan, 130  
 Parkir, ongkos, 85  
 Parkir, 84

  — menyudut, 84  
 Parkir, menyudut, 84  
   — pemakir, 125  
   — pemusat, 130  
   — metode pengawasan, 87  
   — biaya, 85  
   — penyajian data, 55, 56  
   — penentuan kebutuhan, 53, 54  
   — piringan, 90  
   — pengaruh terhadap kapasitas jalan, 46  
   — penempatan fasilitas, 130  
   — bahu jalan, 84  
   — meteran, 88  
   — bangunan bertingkat, 126, 127  
   — di luar jalan, 125, 130  
   — rancangan, 126  
   — di jalan, 84  
   — peparkir, 125  
   — peraturan, 86  
   — ruang cadangan, 128  
   — lapangan, pembatasan, 87  
   — inventarisasi, 48, 49  
   — pelataran, 126  
   — telaah penggunaan, 50  
 Pembatasan parkir, 87  
 Pembebanan lalu-lintas, 95  
   penghitungan — tangan, 9, 10  
   — mekanik, 10, 11  
   — penggunaan faktor, 17  
   teknik definisi, 1  
   data, rata-rata, 3, 4  
   — laju, 2  
   — (Tanner), 93  
   pengelolaan, 61  
   pola: jam-jam-an, harian, bulanan, 14, 15, 16  
 Pemberhentian, bus, 103  
 Penampang lintang jalan, 103  
 Pencatatan kecelakaan, 136  
   — proses, 147  
 Pencegahan kecelakaan, 131, 139  
 Pengamat bergerak, cara, 37  
 Pengemudi, cacat, 132  
   — kendaraan, 131  
 Pengelolaan, lalu-lintas, 61  
 Penghitung, cara pemasangan, 13

Penghitung lalu-lintas otomatis (mekanis), 9, 11  
 Penghitung lalu-lintas — tangan (manual), 9, 10  
 Pengukuran kecepatan dan arus, 36, 37  
 Pengulang kecelakaan, 132  
 Piringan parkir, 90  
 Percepatan Alur, 121  
   — uji hasil, 147  
   — laju, 138  
   — pencatatan, 136  
   — pengulang, 132, 133  
 Perlambatan, alur, 120  
 Persentase kumulatif, 141, 142  
 Persentil, 142  
 Persimpangan, 103  
  
 Pertambahan, laju pertambahan lalu-lintas, 2  
   — sejak 1925 di Inggris, 2  
   — faktor Tasnner, 93  
 Pulau lalu-lintas, 61, 111  
 Radar, 36  
 Rancangan, geometrik, 103, 106, 107  
   — kecepatan, 103  
   — kendaraan, 132  
 Rancangan jalan, 105  
   — pengaruh terhadap kecelakaan, 134  
   — marka, 65  
   — semboyan, 67  
  
 Rancangan parkir di luar jalan, 126  
   — jalan, 105  
   — pengaruh terhadap kecelakaan, 134  
 Rancangan Radburn, 109, 135  
 Ruang cadangan, 128  
 Rumah tangga, wawancara, 28  
 Satuan Mobil Penumpang (SMP), 30, 31, 44, 45, 81  
 Semboyan pemutusan lebih awal, 75  
 Semboyan lalu-lintas, 69, dst  
   — tundaan, 81  
   — operasi waktu tetap, 71  
   — terpadu, 82  
   — faktor smp, 76, 77  
   — penyeberangan, 76  
   — permintaan, 72, 73  
   — urutan, 70, 74  
   — pemasangan, 74, 80  
   — diatur kendaraan, 72, dst.

Simpang susun, 119  
   — daun semanggi, 118  
   — belah ketupat, 118  
   — jarak, 124  
 Simpang susu, 119  
   — bundaran bertingkat, 118, 123  
 Simpang Semanggi, 117  
 Simpang T, 112  
 Siklus, waktu optimum, 78  
 Sistem satu arah, 62  
 Siput, alur, 66  
 Survei Asal - Tujuan, 20  
 Survei, 23  
   — kartu pos, 25  
   — penyajian informasi, 23, 24, 29  
   — nomor kendaraan, 25  
   — sistem tempel, 28  
 Tanjakan, alur (lihat alur siput)  
 Tanjakan, jarak tanjak kritis, 105  
 Tanjakan maksimum, 105, 121, 127, 128  
 Tanner, J — C, laju pertumbuhan, 93  
 Terminal, jalan masuk, 121  
   — jalan keluar, 120  
 Titik konflik, 62, 68  
 Variasi, koefisien, 145  
 Venner, meteran kecepatan, 35, 36  
 Waktu hilang, 78  
 Waktu tanggap, lihat Waktu 4 T  
 Waktu 4 T, 104  
 Wawancara rumah tangga, 28  
   — tepi jalan, 23  
 Y, nilai, 77