

DAFTAR ISI

Bab I Pendahuluan	3
Bab II Kajian Literatur	6
Definisi jalan Perkotaan	6
Tipe jalan	7
Tipe medan dan tipe alinemen jalan	7
Ekuivalen kendaraan ringan dan kapasitas dasar.	7
Kapasitas dasar	8
Pendekatan empiris dalam menetapkan Ekr dan C_0	10
Penetapan nilai ekr didasarkan pada Kecepatan Arus Lalu-lintas	11
Penetapan nilai ekr didasarkan pada C_0	11
Penetapan nilai ekr didasarkan pada h	11
Bab III Metodologi	12
Metodologi untuk menetapkan ekr	12
Metodologi untuk menetapkan C_0	13
Metodologi pengumpulan data.	13
Klasifikasi kendaraan	13
Kebutuhan data	13
Teknik pengumpulan data dan kompilasi data	13
Bab IV Hasil dan Analisa	15
Analisa ekr	15
Analisa C_0	17
Analisis C_0 untuk tipe jalan 2/2T	19
Analisa C_0 untuk tipe jalan 4/2T	20
Perbandingan C_0 MKJI'97 dengan 2011	22
Bab V Kesimpulan dan Saran	24

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ekr MKJI'97 untuk jalan perkotaan	8
Tabel 2. C_0 segmen jalan perkotaan	10
Tabel 3. Faktor Kh	11
Tabel 4. Ekr berdasarkan perbandingan panjang kendaraan (statis)	16
Tabel 5. ekr berdasarkan penggunaan ruang oleh kendaraan untuk jalan 2/2TT	17
Tabel 6. Nilai ekr segmen jalan perkotaan	17
Tabel 7. Perbandingan C_0 MKJI'97 dan PKJI 2011	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pertumbuhan panjang jalan dan jumlah kendaraan terdaftar (sumber: Kepolisian RI)	4
Gambar 2. Hubungan q-v MKJI'97 pada tipe jalan 2/2T	9
Gambar 3. Hubungan q – v MKJI'97 pada jalan tipe 4/2T.	9
Gambar 5. Plot 4781 set data k-v dari 24 kota pada lajur kiri tipe jalan 4/2T. (sumber: Survei Pusjatan, 2011).	18
Gambar 6. Plot 4745 set data k-v dari 24 kota pada lajur kanan tipe jalan 4/2T (sumber: Pusjatan, 2011).	18
Gambar 4. Plot 2467 set data v-k dari 24 kota pada tipe jalan 2/2T (sumber: Survei Pusjatan, 2011).	18
Gambar 7. Hubungan v-k untuk tipe jalan 2/2TT	19
Gambar 8. VB = 45km/jam, pada tipe jalan 2/2TT	20
Gambar 9. Distribusi k-v untuk data 95%-tile kecepatan pada setiap klaster k, pada lajur kiri jalan tipe 4/2T	21
Gambar 10. Distribusi k-v untuk data 95%-tile kecepatan pada setiap klaster k, pada lajur kanan tipe jalan 4/2T	21
Gambar 11. $V_b = 67$ km/jam, pada tipe jalan 4/2TT, lajur kiri	22
Gambar 12. $V_b = 80$ km/jam, pada tipe jalan 4/2T, lajur kanan	22

DAFTAR ISTILAH

ISTILAH	Uraian
2/2TT	Tipe jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi
4/2TT	Tipe jalan 4 lajur 2 arah tak terbagi
4/2T	Tipe Jalan 4 lajur 2 arah terbagi
BB	Bus Besar, Bus dengan panjang >9,00m
C	Kapasitas jalan, yaitu kemampuan maksimum suatu segmen jalan dalam kondisi fisik dan lingkungan yang ada, mengalirkan arus lalu lintas dalam satuan skr/jam
CO	Kapasitas dasar atau kapasitas ideal suatu segmen jalan, skr/jam
ekr	ekuivalen kendaraan ringan
FCW	Faktor Penyesuaian Kapasitas akibat ketidak bakuan lebar jalur lalu lintas
FCSP	Faktor Penyesuaian Kapasitas akibat ketidak perbedaan proporsi arus lalu lintas per arah
FCCS	Faktor Penyesuaian Kapasitas berkaitan dengan ukuran kota yang didasarkan atas jumlah populasi kota.
h	Celah waktu (Headway), detik
JBH	Jalan Bebas Hambatan
k	Kepadatan atau kerapatan arus lalu lintas, skr/Km
KJ	Kerapatan arus pada kondisi macet (congested)
K atau faktor K	Faktor Lalu lintas Jam Perencanaan.
KR	Kendaraan Ringan, kendaraan roda 4 dengan panjang $\leq 5,00$ m
KS	Kendaraan Sedang, dengan jumlah as 2 s.d. 3, dengan panjang $\leq 9,00$ m
KB	Kendaraan Berat (termasuk Bus Besar, Truk besar, Gandengan, semi trallier), dengan jumlah > 3 dan panjang > 9,00m
LHRT	Arus Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan, skr/Hari
LJP	Arus Lalu lintas Jam Perencanaan, skr/Jam
MKJI'97	Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997
Q	Arus lalu lintas total (atau arus kendaraan), kend/jam, skr/jam
q	Arus (atau tingkat arus) lalu lintas (flow rate), kend/satuan waktu, misal per 5 menit, 1 per jam, dll.
qSM	Arus Sepeda Motor, kend/jam
qKR	Arus Kendaraan Ringan, kend/jam
qKS	Arus Kendaraan Sedang, kend/jam
qKB	Arus Kendaraan Berat, kend/jam
SM	Sepeda Motor, kendaraan bermotor roda 2 dengan panjang $\leq 2,60$ m
TB	Truk Besar, Truk gandengan dan truk tempelan dengan panjang > 9,00m
skr	Satuan kendaraan ringan; MKJI'97 versi bahasa Inggris menyebutnya light vehicle unit (lvu); MKJI'97 versi bahasa Indonesia menyebutnya satuan mobil penumpang (smp)
V	Kecepatan arus lalu lintas, km/jam
VB	Kecepatan bebas arus lalu lintas, km/jam



BAB I

Pendahuluan

MKJI'97 selesai disusun secara lengkap pada tahun 1997 oleh Ditjen Bina Marga yang dibantu oleh konsultan internasional dari Swedia (SWEROAD). Manual ini terdiri dari 7 bab dan disusun bertahap sesuai tipe jalan yang ditelitinya. Pada tahun 1992 selesai 3 bab, yaitu bab 2 Simpang Bersinyal, bab 3 Bundaran, dan bab 4 Bagian Jalinan. Selanjutnya pada tahun 1994 selesai 3 bab, yaitu bab 5 Jalan Perkotaan, bab 6 Jalan Luar Kota, dan bab 7 Jalan Bebas Hambatan (Antono dkk.,2009). Pada tahun 1997,MKJI'97 dilengkapi panduan Rekayasa Lalu Lintas dan Perangkat Lunak Kapasitas Jalan Indonesia (KAJI).

Bentuk awal MKJI'97 adalah laporan pekerjaan Konsultan Sweroad untuk Ditjen Bina Marga yang kemudian ditetapkan sebagai buku panduan bagi perhitungan kapasitas di Indonesia oleh Ditjen Bina Marga (DGH, 1993). Sampai saat ini, baik status

maupun isinya belum berubah, setelah mengarungi masa tidak kurang dari 13 tahun. Memperhatikan format penyusunan Norma, Standar, Pedoman, dan Manual (NSPM) dimana Balitbang Kementerian Pekerjaan Umum berkedudukan sebagai koordinator penyelenggaraannya, MKJI'97 belum pernah diajukan, apalagi dibahas, sebagai salah satu produk NSPM sehingga MKJI'97 belum memiliki legitimasi produk teknologi nasional.

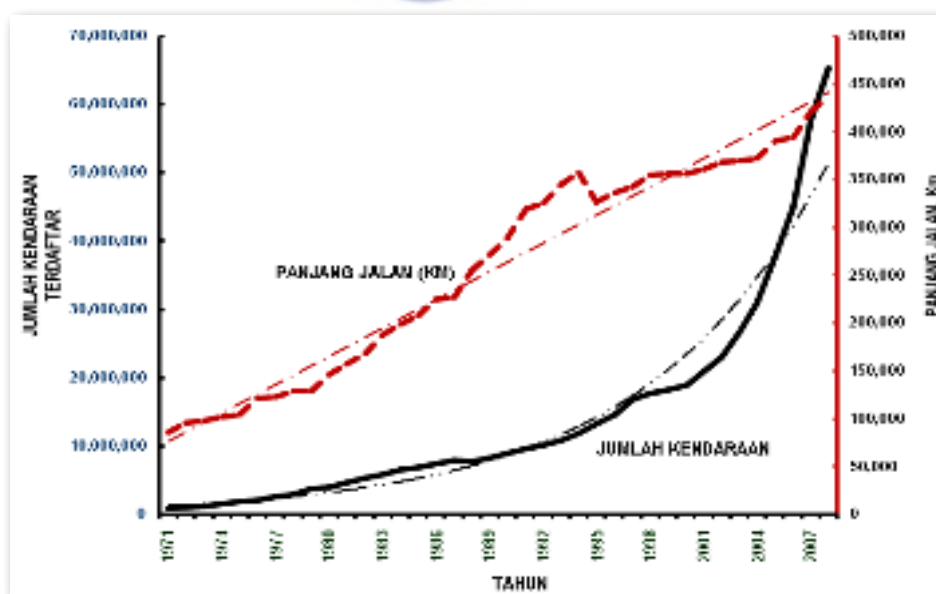
Pada kurun waktu tersebut, MKJI'97 telah digunakan oleh banyak pihak diantaranya Ditjen Bina Marga (DJBM, 2009) sendiri, Direktorat Lalu-lintas Angkutan Jalan (DLLAJ, 2009) Kementerian Perhubungan, pihak perguruan tinggi, dengan lingkup penggunaan yang bervariasi dari perencanaan, pengoperasian, sampai dengan evaluasi.Beberapa peserta Workshop MKJI'97 (2009) menyebutkan penggunaan MKJI'97

dalam Indonesian Integrated Road Management Systems (IIRMS), Pemodelan Transportasi Jalan Luar Kota, Perencanaan Lajur pada Ruas Jalan Luar Kota, Perencanaan Persimpangan pada Jalan Luar Kota, Urban Road Management System (URMS), Perencanaan Lajur pada Ruas Jalan Kota, Perencanaan Persimpangan pada Jalan Kota, Pemodelan Transportasi Jalan Kota, Perencanaan Lajur pada Ruas Jalan Bebas Hambatan, Perencanaan Lajur pada Ramp Masuk dan Keluar, Perencanaan Lajur Merging dan Diverging, Pemodelan Transportasi Jalan Bebas Hambatan, Manajemen lalu-lintas khususnya di persimpangan. Perumusan kapasitas jalan dalam MKJI'97 didasarkan pada data arus lalu-lintas pada kurun waktu sekitar tahun 1990 s.d. 1994, dimana pada waktu tersebut populasi kepemilikan kendaraan sekitar 132 juta kendaraan terdaftar dengan komposisi sepeda motor rata-rata 39,57% (data 1998) serta panjang jalan sekitar 327000 km (data tahun 1995). Dewasa ini (lihat kecenderungan pertumbuhan kepemilikan kendaraan dan panjang jalan pada Gambar 1), data tersebut sudah jauh meningkat, kepemilikan kendaraan sudah mencapai sekitar 430 juta kendaraan terdaftar dengan komposisi sepeda motor sekitar 70% (Direktorat Keselamatan Transportasi, 2007) serta panjang jalan nasional yang sudah mencapai 437 700 Km (data tahun 2008). Yang khusus adalah, baik secara statistik maupun pandangan visual di jalan-jalan umum perkotaan, bahwa komposisi sepeda motor sudah sering mendominasi arus lalu-lintas

dengan berbagai persoalan yang ditimbulkannya. Fakta tersebut sudah memadai untuk menganggap bahwa MKJI'97 perlu dievaluasi, untuk melihat apakah perubahan parameter dasar kapasitas jalan tersebut mempengaruhi dasar-dasar perhitungan kapasitas atau tidak.

Disisi lain, beberapa pendapat akademisi, diantaranya Munawar (2009) pada Workshop permasalahan MKJI'97, mengusulkan bahwa MKJI'97 perlu dikinikandiantaranya berkaitan dengan proporsi volume sepeda motor yang dewasa ini lebih besar dibandingkan dengan pada tahun-tahun MKJI'97 dirumuskan. Disamping itu, mengevaluasi perkembangan teknologi kendaraan dewasa ini, kendaraan-kendaraan baru banyak memiliki kemampuan yang lebih dari kendaraan-kendaraan sebelum tahun 1994, diantaranya kemampuan mesin yang lebih responsif, rem yang lebih handal, pengoperasian kendaraan yang lebih mudah misalnya dengan bertambahnya penggunaan transmisi otomatis, sehingga kemampuan manuver kendaraan lebih baik.

Pada tahun 2004 terbit UU no.34/2004 (PRI, 2004) tentang jalan yang kemudian disusul dengan PP no.38/2006 (PRI, 2006) tentang jalan. Berikutnya, terbit Peraturan Menteri (Permen) PU turunan PP38/2006 tentang Persyaratan Teknis Jalan. Permen PU yang terakhir ini menetapkan syarat-syarat teknis jalan yang merupakan standar teknis jalan yang harus dituju pada masa yang akan datang. Dengan demikian, MKJI'97 perlu disesuaikan dengan perkembangan ini.



Gambar 1. Pertumbuhan panjang jalan dan jumlah kendaraan terdaftar (sumber: Kepolisian RI)

Workshop MKJI'97 (2009) menyimpulkan beberapa usulan pengkinian:

- Hal yang berkaitan dengan karakteristik lalu-lintas:
 - o nilai ekuivalen kendaraan ringan (ekr), MKJI'97 versi bahasa Indonesia menyebut ekuivalen mobil penumpang(emp) sementara teks bahasa Inggrisnya (DGH, 1993) menyebutnya equivalent light vehicle (elv), agar dapat digunakan sesuai dengan komposisi lalu lintas dewasa ini,
 - o Parameter kinerja jalan perlu dievaluasi kesesuaiannya dengan perkembangan lalu lintas dewasa ini, antara lain kecepatan, kepadatan, platooning, dan tundaan dalam hubungannya dengan volume lalu-lintas serta derajat kejenuhan;
- Dalam hal metode Perhitungan Kapasitas Jalan dan Simpang:
 - o agar MKJI'97 dapat digunakan pada simpang bersinyal dalam kondisi jenuh,
 - o agar MKJI'97 dapat digunakan pada sistem koordinasi simpang bersinyal yang berdekatan,
 - o agar MKJI'97 dapat digunakan pada simpang tidak sebidang;
- Perlu meningkatkan kemampuan Perangkat Lunak KAJI agar memasukkan parameter yang dikinikan dan lebih mudah digunakan;
- Agar MKJI'97 dapat digunakan pada pengembangan kapasitas jaringan jalan (network capacity) dalam perencanaan serta pemodelan transportasi (misalnya Interface dengan berbagai Software misalnya Tranplan,

Motors, Cube Voyager, Saturn, dan lain-lain;

- Agar dalam MKJI'97 ada prediksi Volume Lalu-lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) dan Volume Lalu-lintas Jam Perencanaan (VJP), serta nilai pertumbuhan lalu-lintas (i). Perlu dirumuskan jumlah hari survei lalu lintas untuk mendapatkan LHRT;
- Agar memasukan Kapasitas untuk Jalur khusus sepeda motor (LKSM);
- Agar dilakukan evaluasi kembali nilai hambatan samping berkaitan dengan situasi hambatan samping dewasa ini;
- Agar mengevaluasi klasifikasi ukuran kota (city size);
- Agar memasukan Kapasitas persimpangan untuk perputaran balik di persimpangandan kapasitas perputaran pada ruas (U-Turn).

Melihat usulan yang sedemikian banyak, diputuskan terlebih dahulu prioritas dengan berlatar belakang kebutuhan, kesediaan sumber daya manusia, maupun biaya. Erwin K. (2009) melaporkan penyusunan Road Map penelitian pemutakhiran MKJI'97. Pada tahun anggaran 2010, mulai dilaksanakan kegiatan penelitian pengkinian MKJI dengan focus ekr dan C_0 ruas jalan luar kota.

Pada Tahun Anggaran 2011, pengkinian MKJI'97 difokuskan pada penelitian ekr dan C_0 untuk ruas-ruas jalan perkotaan dan ruas-ruas jalan bebas hambatan. Naskah ilmiah ini berisi hasil penelitian terhadap ekr dan C_0 ruas jalan perkotaan untuk tipe jalan 2/2T dan 4/2T.



BAB II

Kajian Literatur

Lingkup kajian ini meliputi 1) definisi dan tipe jalan perkotaan yang menjadi objek penetapan nilai kapasitasnya, 2) nilai ekr dan C_0 MKJI'97 yang akan dikoreksi termasuk dasar-dasar penetapannya, dan 3) cara menetapkan ekr dan C_0 .

Definisi jalan Perkotaan

MKJI'97 97 mendefinisikan jalan perkotaan adalah:

- jalan dengan perkembangan yang menerus dan permanen pada satu atau kedua sisinya;
- memiliki karakteristik arus lalu-lintas puncak pagi dan puncak sore;
- komposisiarus lalu-lintasnya memiliki perbedaan jika dibandingkan antara jalan luar kota dan jalan perkotaan. Pada jalan perkotaan, persentase kendaraan pribadi dan sepeda motor lebih tinggi dan persentase truk berat lebih rendah;
- peningkatan arus puncak akan terlihat dalam arah arus lalu-lintas, pagi pada satu arah dan sore pada arah yang sebaliknya;
- adanya kereb pada sisi perkerasan dan/atau trotoar sebagai fasilitas pejalan kaki, pada jalan luar kota jarang dilengkapi dengan kereb atau trotoar
- Ruas-ruas jalan perkotaan merupakan bagian dari sistem jaringan jalan (SJJ) Sekunder. PP34/2006 menetapkan 2 sistem yaitu SJJ primer dan SJJ sekunder. SJJ primer menghubungkan pusat kegiatan (PK) nasional, PK wilayah, PK lokal sampai ke PK Lingkungan. SJJ sekunder menghubungkan PK-PK dalam wilayah Kabupaten/Kota yang menghubungkan kawasan dengan fungsi primer, sekunder kesatu, sekunder kedua dan seterusnya sampai ke persil.

Catatan: Untuk data MKJI'97, pengumpulan data dilakukan pada jalan-jalan arteri dan kolektor dalam SJJ Sekunder. Dengan demikian, pemutakhiran MKJI'97 pun, data lalu-lintas yang menjadi dasar dirumuskannya pengkinian MKJI'97, juga dilakukan pada ruas-ruas jalan arteri dan kolektor dalam SJJ sekunder.

Penamaan Bab 5 MKJI'97 adalah Jalan Perkotaan dengan maksud jalan dengan ciri-ciri ruas jalan perkotaan seperti diuraikan di atas, yaitu ruas jalan dengan lingkungan, kondisi sisi jalan, dan arus lalu lintas yang berkarakter perkotaan, bukan didasarkan atas statusnya sebagai jalan di wilayah administrasi kota.

Tipe jalan

Ciri-ciri tipe jalan perkotaan, sesuai definisi MKJI'97 adalah:

- Jalan yang mempunyai perkembangan permanen dan menerus di sepanjang atau hampir seluruhnya, minimal pada satu sisi jalannya, berupa pengembangan koridor atau lainnya;
- jalan dalam atau dekat pusat perkotaan yang berpenduduk >100.000 jiwa,
- jalan dalam daerah perkotaan dengan penduduk <100.000 jiwa tetapi mempunyai perkembangan samping jalan yang permanen dan menerus.

Tiga tipe jalan perkotaan:

1. Jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi (diberi kode 2/2TT)
2. Jalan 4 lajur 2 arah tak terbagi (diberi kode 4/2TT)
3. Jalan 4 lajur atau lebih 2 arah terbagi (diberi kode 4/2T; 6/2T; 8/2T).

PP34/2006 tentang jalan menetapkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan menjadi 4, yaitu:

1. Jalan Kecil dengan tipe 2/2TT dengan lebar jalur lalu-lintas paling kecil 5,5m;
2. Jalan Sedang dengan tipe 2/2TT dengan lebar lajur lalu-lintas paling kecil 7,0m.
3. Jalan Raya dengan tipe 4/2T dengan lebar lajur lalu lintas 2x7,00m. Spesifikasi jalan ini dapat juga terjadi dari lebar jalur 2x10,50m, 2x14,00m, dst. tergantung dari jumlah lajur per arah yang dibutuhkan.
4. Jalan Bebas Hambatan (JBH) bertipe 4/2T dengan lebar Jalur lalu lintas mulai dari 2x7,00m, 2x10,50m, 2x14,00m, dst. tergantung dari jumlah lajur per arah yang dibutuhkan.

Dengan demikian, jalan dengan tipe 2/2TT dan 4/2TT termasuk Jalan Sedang, dan jalan dengan tipe 4/2T termasuk Jalan Raya. Untuk tipe jalan terbagi dengan jumlah lajur lebih dari 4, seperti jalan 6/2T atau jalan 8/2T, parameter lalu-lintas untuk menetapkan kapasitasnya dapat disamakan dengan tipe jalan 4/2T.

Ukuran-ukuran tipe jalan sesuai dengan spesifikasi penyediaan parasaran di atas menjadi ukuran standar yang harus dicapai oleh jalan-jalan di Indonesia untuk masa yang akan datang, sehingga perhitungan kapasitas jalan seyogianya dan akan mengacu kepada ukuran standar tersebut. Dalam draft Permen PU tentang Persyaratan Teknis Jalan, tipe jalan 4/2TT tidak dianjurkan untuk dipakai lebih lanjut, karena dipandang cenderung menyebabkan kecelakaan lalu-lintas khususnya tipe tabrakan depan-depan dan depan samping. Sekalipun demikian, untuk jalan lokal baik dalam sistim primer maupun sekunder, seandainya arus lalu lintas yang harus dilayaninya besar sehingga membutuhkan 4 lajur, penggunaan tipe jalan ini masih memungkinkan sejauh kecepatan operasinya rendah. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas dan kapasitas sumber daya serta pembiayaan, pemutakhiran MKJI'97 untuk jalan perkotaan dilakukan pada 2 tipe jalan, yaitu jalan sedang tipe 2/2TT dan jalan raya tipe 4/2T.

Tipe medan dan tipe alinemen jalan

Untuk ruas-ruas jalan perkotaan, MKJI'97 tidak membedakan tipe medan maupun tipe alinemen. Seluruh jalan perkotaan dianggap berada pada satu kondisi terrain, yaitu datar.

Ekuivalen kendaraan ringan dan kapasitas dasar.

Dua fokus revisi MKJI'97 yaitu 1) nilai-nilai ekr, dan 2) C_0 . Masing-masing pada tipe jalan 2/2TT dan 4/2T. Kedua fokus itu dikaji dibawah ini.

Ekuivalen kendaraan ringan

Dalam MKJI'97, nilai arus lalu-lintas (Q) mencerminkan arus per komposisi lalu-lintas, dengan menyatakan arus dalam skr. Semua nilai arus lalu-lintas (per arah dan total dua arah) dikonversikan menjadi skr dengan menggunakan ekr yang diturunkan secara empiris untuk jenis-jenis kendaraan berikut:

Kendaraan ringan, diberi kode KR, meliputi mobil penumpang, minibus, truk pikup dan jeep, Tipe kendaraan KR pada MKJI'97 menjadi nilai rujukan

perbandingan satuan kendaraan, maka nilai ekr untuk jenis kendaraan ini adalah satu.

Kendaraan berat menengah, sebelumnya diberi kode MHV singkatan dari medium to heavy good vehicles, dirubah kedalam bahasa Indonesia menjadi Kendaraan Sedang disingkat KS, meliputi truk dua gandar dan bus kecil)

Bus besar, sebelumnya diberi kode LB, di rubah menjadi BB.

Truk besar (meliputi truk tiga gandar, truk gandengan (yang pada saat MKJI'97 diturunkan banyak digunakan), dan truk semi trailer yang dewasa ini banyak digunakan, diberi kode sebelumnya HV dan selanjutnya diberi kode TB.

Sepeda motor, meliputi semua kendaraan roda dua bermotor, sebelumnya diberi kode MC, selanjutnya diberi kode SM.

Pengaruh kehadiran kendaraan tak bermotor seperti sepeda, beca, dokar dan sejenisnya, dipisahkandari kelompok arus lalu-lintas dan dianggap sebagai hambatan samping sehingga pengaruh kehadirannya dalam arus lalu-lintas dimasukkan kedalam faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping.

Ekr untuk masing-masing tipe kendaraan berbeda-beda, tergantung pada tipe jalan, arus lalu-lintas, dan kecepatan. Nilai-nilai ekr MKJI'97 disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Ekr MKJI'97 untuk jalan perkotaan

Tipe Jalan	Arus (kend/jam)	Emp		
		SM		
		KS	Lebar jalur lalu-lintas, m	
			≤ 6m	>6m
2/2TT	< 1800	1,30	0,50	0,40
	≥ 1800 total 2 arah	1,20	0,35	0,25
4/2TT	< 3700	1,30		0,40
	≥ 3700 total 2 arah	1,20		0,25
2/1 dan 4/2T	< 1050	1,30		0,40
	≥ 1050 per lajur	1,20		0,25
3/1 dan 6/2T	< 1100	1,30		0,40
	≥ 1100 per lajur	1,20		0,25

Kapasitas dasar

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan per jam yang melewati suatu ruas jalan dalam kondisi fisik jalan dan lingkungan yang ada. Untuk jalan 2/2TT, kapasitas didefinisikan untuk arus duaarah, tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, kapasitas didefinisikan per lajur.

MKJI'97 menyatakan bahwa karena kurangnya data arus yang mendekati kapasitas, maka C_0 diperkirakan secara teoritis dengan anggapan bahwa arus lalulintas mengikuti hubungan matematik antara $k - v$ tertentu. Kapasitas suatu segmen jalan tertentu dengan kondisi fisik dan

lingkungan yang ada adalah C_0 yang dikoreksi oleh faktor-faktor penyesuaian, dinyatakan dalam skr per jam.

Persamaan kapasitas untuk suatu segmen jalan adalah:

- Untuk Jalan Perkotaan

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{cs} \dots\dots\dots 1)$$

Keterangan:

C = kapasitas (skr/jam)

C_0 = kapasitas dasar (skr/jam)

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{sp} = factor penyesuaian pemisahan arah arus lalu lintas

FC_{cs} = factor penyesuaian ukuran kota.

Dalam pengkinian kapasitas jalan tahun 2011, kapasitas yang akan direvisi adalah C_0 . C_0 ditetapkan secara empiris dari hubungan dasar antara $k - v$. Hubungan tersebut diuraikan sebagai berikut:

Prinsip umum yang mendasari analisa kapasitas ruas jalan adalah bahwa kecepatan arus berkurang bila kerapatan arus bertambah. Pengurangan kecepatan akibat penambahan kerapatan arus adalah konstan (linear) atau mendekati konstan pada arus rendah sampai dengan menengah, tetapi menjadi lebih besar pada arus yang mendekati kapasitas. Mendekati kapasitas, sedikit penambahan pada arus akan menghasilkan pengurangan yang besar pada kecepatan. MKJI'97 menggunakan model hubungan matematis yang menjelaskan fenomena ini pada jalan berlajur banyak dengan menggunakan model Single rezim

sebagai berikut:

$$V = V_F \left[1 - \left(\frac{D}{D_j} \right)^{\ell-1} \right]^{\left(\frac{1}{1-m} \right)}$$

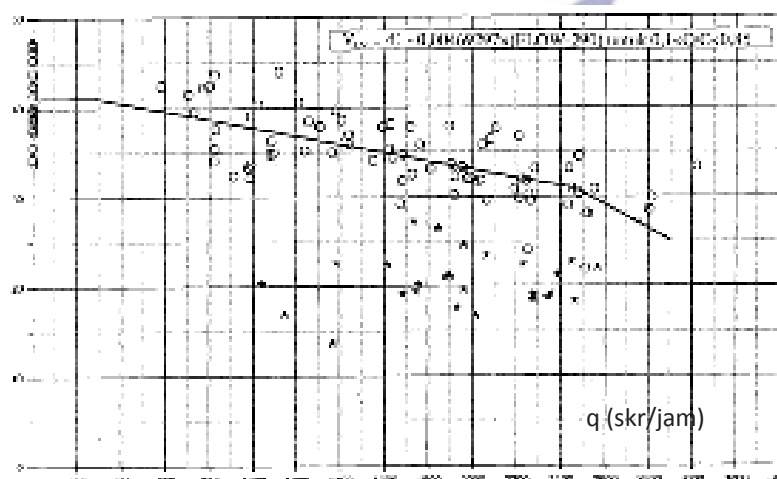
$$\frac{D_0}{D_j} = \left[\frac{1-m}{\ell-m} \right]^{\left(\frac{1}{\ell-m} \right)}$$

keterangan:

- V_F = Kecepatan arus bebas (km/jam)
- D = Kerapatan (skr/km), dihitung sebagai Q/V
- D_j = Kerapatan pada saat jalan macet total
- D_0 = Kerapatan pada saat kapasitas
- ℓ dan m = Konstanta

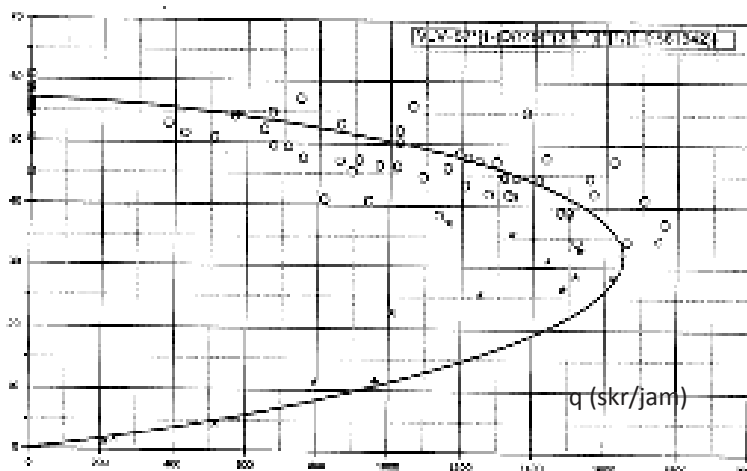
Untuk jalan 2/2TTMKJI'97 menggambarkan hubungan $v-q$ yang berbentuk multi linier dan untuk tipe jalan 4/2T berbentuk parabola simetris, seperti pada Gambar 2 dan 3.

v ((km/jam)



Gambar 2. Hubungan $q-v$ MKJI'97 pada tipe jalan 2/2T

v ((km/jam)



Gambar 3. Hubungan $q - v$ MKJI'97 pada jalan tipe 4/2T.

Dari pendekatan model matematis seperti diatas, MKJI'97 menetapkan C_0 ruas jalan perkotaan sebagaimana dalam Tabel 2.

Tabel 2. C_0 segmen jalan perkotaan

Tipe Jalan	C_0 (skr/jam)	Catatan
4/2T	1650	Per Lajur
4/2TT	1500	Per Lajur
2/2TT	2900	Total 2 arah

Nilai C_0 pada tabel diatas merupakan fokus pengkinian kapasitas jalan untuk segmen-segmen jalan Perkotaan. Diperkirakan nilai C_0 tersebut akan meningkat sehubungan dengan meningkatnya populasi kendaraan, meningkatnya teknologi mesin kendaraan dan system rem yang menyebabkan kendaraan dapat bergerak lebih leluasa, mudah dikendalikan, responsive, lebih cepat, yang memungkinkan pengemudi berjalan dengan h yang lebih "dekat" dalam kondisi arus yang mendekati kapasitas. Disamping itu, jumlah sepeda motor yang meningkat tajam, akan mengubah nilai ekr yang secara tidak langsung akan merubah nilai C_0 .

Pendekatan empiris dalam menetapkan Ekr dan C_0

Penurunan ekr bagi 5 jenis kendaraan dapat dianalisis dengan pendekatan yang diungkapkan dalam laporan Sweroad (1994) tentang perumusan metoda penetapan ekr. Berikut ini, uraian tentang 3 cara penetapan ekr yang dikaji dari laporan Sweroad tersebut:

- 1) berdasarkan pendekatan Kecepatan arus lalu-lintas,
- 2) berdasarkan pendekatan Kapasitas jalan, dan
- 3) berdasarkan pendekatan celah waktu.

Cara pertama lebih cocok untuk sifat arus yang masih "lengang", yaitu arus yang masih memiliki celah waktu tidak lebih dari 9 detik. Arus ini bervariasi mulai dari arus dengan kecepatan bebas dimana satu dengan kendaraan yang lain tidak saling mempengaruhi atas keberadaannya. Selanjutnya, arus dengan kondisi dimana kehadiran satu kendaraan terhadap kendaraan yang lain berpengaruh. Kondisi ini cenderung sesuai dengan pendekatan kedua, yaitu pendekatan kapasitas.

Cara ketiga didasarkan atas h , cocok digunakan untuk jalan-jalan antar kota dimana kendaraan berjalan beriringan mengikuti satu garis lurus sehingga h bagi setiap celah kendaraannya jelas.

Secara ideal, pendekatan Celah Waktu dipandang kurang sesuai dengan kondisi lalu-lintas perkotaan yang kendaraan-kendaraannya berjalan tidak pada satu garis lurus pada lajur lalu-lintasnya. Di jalan-jalan perkotaan dimana sepeda motor pada kondisi yang mulai padat, pada umumnya tidak berjalan beriringan, sehingga sulit untuk menentukan h antara dua sepeda motor.

Untuk kondisi lalu-lintas dilingkungan perkotaan dimana arus lalu-lintasnya memiliki kerapatan yang bervariasi, dan kecepatan yang relatif rendah, serta arus kendaraan yang masih berdisiplin beriringan kecuali sepeda motor, penetapan skr dilakukan dengan cara: 1) berdasarkan pendekatan Kecepatan pada kondisi yang masih lengang (≤ 800 kendaraan/jam); dan 2) berdasarkan pendekatan kapasitas untuk kondisi arus yang mulai mendekati kapasitas (800 s.d. Kapasitas) kendaraan per jam). Aplikasi dari pendekatan penetapan ekr tersebut perlu mempertimbangkan anggapannya untuk keberlakuan arus dalam bentuk single rezime. Arus kendaraan dapat dianggap bergerak beriringan secara teratur sementara sepeda motor tidak.

Mengevaluasi tingginya arus sepeda motor, adalah hal yang sulit untuk dapat menganalisa ekr mengikuti pendekatan di atas, terutama pada kondisi sepeda motor yang bergerak bergerombol. Membandingkan pendekatan MKJI'97 terhadap kendaraan tidak bermotor, dimana keberadaannya tidak dianggap sebagai arus lalu lintas, tetapi dianggap sebagai hambatan samping, maka sepeda motor pada kondisi tertentu, dapat juga dipandang sebagai hambatan samping. Dua kondisi yang perlu dipertimbangkan adalah:

- Dalam hal arus sepeda motor masih "rendah", sepeda motor dapat dipandang seperti kendaraan yang bergerak beriringan seperti kendaraan-kendaraan roda 4 atau lebih yang lainnya, maka sepeda motor dianggap sebagai bagian dari arus lalu lintas yang dalam hal ekr, sepeda motor memiliki nilai skr.
- Dalam hal arus sepeda motor sudah "tinggi", sepeda motor dapat dipandang sebagai hambatan samping yang mengurangi kebebasan kendaraan roda 4 atau lebih untuk berjalan dalam arus lalu lintas mengikuti iringan arus dalam lajur lalu lintas.

Dua kondisi di atas, perlu ditelaah dan perlu ditetapkan batas arus lalu lintas sepeda motornya, antara sepeda motor yang dianggap sebagai bagian dari arus lalu lintas, dan sepeda motor yang dianggap sebagai hambatan samping.

Penetapan nilai ekr didasarkan pada Kecepatan Arus Lalu-lintas

Analisis dilakukan terhadap data v-q per interval 5 menit per komposisi kendaraan yang ekr-nya akan ditetapkan. Kriteria untuk ekr, ditetapkan berdasarkan pengaruh relatif dari tipe kendaraan yang berbeda (KS dan SM) terhadap KR, dimana ekr untuk KR adalah 1,00 ($emp_{KR} = 1,00$). Analisis dilakukan terhadap sejumlah arus yang memiliki variasi data komposisi kendaraan yang bervariasi dari arus lenggang sampai dengan padat. Terhadap data tersebut dilakukan regresi dengan persamaan sebagai berikut:

$$v = A - N_{KR} \cdot q_{KR} - N_{KS} \cdot q_{KS} - N_{BB} \cdot q_{BB} - N_{TB} \cdot q_{TB} - N_{SM} \cdot q_{SM}$$

Keterangan:

v adalah Kecepatan arus lalu-lintas, Km/Jam;

A adalah konstanta regresi;

$q_{KR}, q_{KS}, q_{BB}, q_{TB}, q_{SM}$ adalah arus lalu-lintas untuk masing-masing

KR, KS, BB, TB, dan SM satuan Kendaraan per 5menit;

$N_{KR}, N_{KS}, N_{BB}, N_{TB}, N_{SM}$ adalah koefisien regresi yang menyatakan pengaruh reduksi kecepatan yang diakibatkan oleh jenis kendaraan KR, KS, BB, TB, dan SM.

Nilai ekr yang diperoleh dengan cara ini adalah dengan membandingkan koefisien regresi untuk kendaraan tertentu terhadap koefisien regresi Kendaraan Ringan. Analisis menggunakan cara ini harus dilakukan per kelompok kerapatan arus lalu-lintas. Dengan kata lain bahwa nilai ekr akan berbeda untuk interval kerapatan arus lalu-lintas yang berbeda.

Penetapan nilai ekr didasarkan pada C_0

Persamaan regresi yang digunakan dalam metoda ini adalah:

$$q_{KR} = N - ekr_{KR} \cdot q_{KR} - ekr_{KS} \cdot q_{KS} - ekr_{BB} \cdot q_{BB} - ekr_{TB} \cdot q_{TB} - ekr_{SM} \cdot q_{SM}$$

Keterangan:

N adalah konstanta regresi;

$q_{KR}, q_{KS}, q_{BB}, q_{TB}, q_{SM}$ - Arus lalu-lintas untuk masing-masing

KR, KS, BB, TB, dan SM satuan Kendaraan per 5menit;

$ekr_{KR}, ekr_{KS}, ekr_{BB}, ekr_{TB}, ekr_{SM}$ adalah koefisien regresi.

Nilai ekr adalah keefisien regresi $ekr_{KR}, ekr_{KS}, ekr_{BB}, ekr_{TB}, ekr_{SM}$ yang diperoleh dari melakukan regresi terhadap data $q_{KR}, q_{KS}, q_{BB}, q_{TB},$ dan q_{SM} . Analisis menggunakan cara ini harus dilakukan per kelompok kecepatan arus lalu-lintas. Dengan kata lain bahwa nilai ekr akan berbeda untuk interval kecepatan arus lalu-lintas yang berbeda.

Penetapan nilai ekr didasarkan pada h

Cara ini menganalisis distribusi h dari suatu aliran kendaraan yang berjalan beriringan dalam kondisi arus yang rapat (congested). Cara ini dikenal dengan istilah Time Headway Method (Salter, 1983) atau Metoda Celah Waktu. Ekr untuk kendaraan tertentu, misalnya emp_{TB} ditetapkan sebagai berikut:

$$ekr_B = \frac{h_B}{h_K}$$

Keterangan:

h_{KR} - celah waktu rata-rata antara sebuah kendaraan ringan yang mengikuti sebuah kendaraan ringan yang lain didepannya.

h_T - celah waktu rata-rata antara sebuah Truk yang mengikuti Truk lain didepannya.

Persyaratan untuk metoda celah waktu ini adalah bahwa h rata-rata untuk (misalnya) KS yang mengikuti KR adalah sama dengan h rata-rata untuk KR yang mengikuti KS. Jika persyaratan ini tidak dipenuhi, maka nilai h rata-rata harus dikoreksi menggunakan faktor Kh, yang rumuskan sebagai berikut:

$$K = \frac{\{A.B.C.D.(W - X - Y + Z)\}}{\{B.C.D. + A.C.D. + A.B.D + A.B.C\}}$$

Parameter A, B, C, D, W, X, Y, Z ditetapkan sesuai tabel 3.

Tabel 3. Faktor Kh

h (detik)	KR mengikuti KR	KR mengikuti KS	KS mengikuti KR	KS mengikuti KS
Σh	A	B	C	D
h rata-rata	W	X	Y	Z

Catatan: Jika $B \neq C$, maka Z perlu dikoreksi.

Sebagai contoh, nilai h rata-rata untuk KS yang mengikuti KS yang lain ($H_{KS \text{dikoreksi}}$) dihitung dari nilai yang belum dikoreksi (z) dikurangi nilai koreksi yang dibagi jumlah celah waktunya, atau dirumuskan sebagai berikut:

$$h_{K \text{ rata-rata dikoreksi}} = z - \frac{K_K}{D}$$

Pada kegiatan MKJI'97, sedikit kasus yang dapat merepresentasikan arus kendaraan yang padat yang beriringan pada satu garis lajur. Upaya lain untuk analisis ekr ini dilakukan pada data untuk kondisi arus "platoon".



BAB III

Metodologi

Metodologi penelitian untuk mencapai nilai ekr dan C_0 diringkaskan berikut ini.

Metodologi untuk menetapkan ekr

Penetapan ekr akan didasarkan atas beberapa cara, yaitu: 1) berdasarkan pendekatan kecepatan, 2) berdasarkan pendekatan kapasitas, dan 3) berdasarkan pendekatan penggunaan ruang lajur jalan oleh kendaraan. Ketiga cara digunakan dengan pertimbangan bahwa perilaku kendaraan yang berjalan di jalan-jalan perkotaan khususnya sepeda motor umumnya tidak mengikuti aturan beriringan sehingga syarat-syarat pendekatan untuk cara 1 dan 2 kurang dapat dipenuhi. Sekalipun demikian, pendekatan 1 dan 2 tetap digunakan sebagai bahan perbandingan dan pertimbangan untuk menetapkan nilai yang representatif.

Cara yang ketiga merupakan cara yang belum pernah dilakukan selama ini, yaitu dengan melakukan perbandingan penggunaan ruang oleh setiap jenis kendaraan dalam kondisi lengang (kecepatan bebas), kondisi arus sedang (tidak lengang dan tidak pula mendekati macet), dan kondisi macet (merayap sampai dengan macet). Dalam setiap kondisi, jika ruang jalan digunakan oleh hanya SM, maka akan diperoleh jumlah tertentu. Demikian juga untuk jenis KR, KS, dan KB akan diperoleh jumlah tertentu lainnya. Ekr diperoleh dari perbandingan penggunaan ruang oleh setiap jenis kendaraan dalam setiap kondisi arus. Secara teori, jumlah terbanyak kendaraan yang mengisi suatu ruang lajur jalan tertentu tergantung dari panjang kendaraan (atau dimensi kendaraan) dalam keadaan berhenti. Dalam keadaan berjalan, jumlah tersebut akan cenderung

berkurang. Semakin cepat semakin berkurang, sampai suatu keadaan dimana satu kendaraan tidak lagi terpengaruh atau dipengaruhi oleh kehadiran kendaraan lain (kecepatan bebas). Dalam kondisi ini maka nilai ekr untuk setiap jenis kendaraan mendekati nilai yang sama yaitu mendekati satu.

Metodologi untuk menetapkan C_0

Penetapan C_0 didasarkan atas pendekatan matematis. Arus lalu lintas yang dinyatakan oleh k (ekr/km) dan v (km/jam) di modelkan secara matematis. Dicari persamaan matematik yang merepresentasikan hubungan antara v dan k dalam kondisi optimum (kecepatan tertinggi dalam setiap kerapatan). Volume lalu lintas, q (skr/jam) dalam setiap kondisi tersebut merupakan produk perkalian v dan k .

$$q = v \cdot k \dots\dots\dots 9)$$

Kapasitas ditetapkan dari nilai q tertinggi. Hal ini dapat diperoleh dari nilai maksimum persamaan hubungan v dan k . Jika v dan k mengikuti persamaan linear, maka kapasitas ditetapkan dari:

$$C_0 = 0,25 v \cdot k \dots\dots\dots 10)$$

Jika v dan k mengikuti persamaan yang lain (misal exponential atau parabolik atau lainnya) maka perlu dirumuskan nilai maksimum dari perkalian v dan k yang mengikuti persamaan tersebut.

Metodologi pengumpulan data.

Klasifikasi kendaraan

Untuk jalan perkotaan, klasifikasi kendaraan meliputi 3, yaitu 1) KR, 2) KS, termasuk semua kendaraan truk dan bus yang ada diperkotaan dengan asumsi bahwa tidak ada TB yang meliputi truk dengan panjang lebih dari 9 meter (termasuk truk gandengan dan truk tempelan), dan 3) SM.

Kebutuhan data

Kebutuhan data baik untuk merumuskan ekr maupun C_0 , dapat diperoleh dari data tingkat arus dalam interval waktu 5 menit atau 15 menit atau yang lain dan data dimensi kendaraan. Interval waktu ini menganggap bahwa karakter

suatu arus selama satu jam dapat diwakili oleh karakter arus per interval waktu tersebut. Cara ini efisiensi bagi pembiayaan pengumpulan data sehingga data satu jam yang pada umumnya menjadi dasar analisis, dengan pembagian interval waktu 5 menit akan memberikan 12 set data yang representatif. Jika digunakan segmen waktu 15 menit, maka akan didapat 4 set data. Semakin kecil interval waktu yang digunakan akan memberikan set data arus yang lebih banyak, tetapi semakin rendah akurasi sebagai representasi data selama satu jam.

Data arus yang diperoleh harus memenuhi spektrum kerapatan arus lalu-lintas yang lengkap, mulai dari kondisi lengang sampai dengan kondisi padat dan memiliki variasi jenis kendaraan yang juga lengkap pada setiap spektrum kerapatan lalu lintas. Pemenuhan data tersebut dapat dilakukan secara bertahap. Survei pertama dievaluasi, jika memenuhi kebutuhan, maka survei selesai, jika tidak maka data ditambah. Dengan demikian, informasi mengenai fluktuasi arus lalu-lintas akan sangat membantu dalam menetapkan waktu pengambilan data.

Teknik pengumpulan data dan kompilasi data

Pengumpulan data arus lalu lintas dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Cara counting menggunakan alat TrafiCam Collect R dengan detektor camera videodan pengolah image berupa software virtual loop, berfungsi seperti inductive loop yang digunakan oleh Automatic Traffic Counter Classifier (ATCC) untuk mendeteksi dan menghitung arus kendaraan. Klasifikasi kendaraan didasarkan atas panjang kendaraan, berbeda dengan ATCC dengan detektor pneumatic tube atau inductive loop, yang menghitung dan mengklasifikasikan kendaraan berdasarkan konfigurasi dan jarak gandar kendaraan.
2. Data arus lalu lintas direkam menggunakan video pada segmen jalan sepanjang 40m (sesuai kemampuan video merekam ruang jalan). Perekaman arus dilakukan pada kondisi ideal (siang hari, tidak hujan, cerah) selama ± 8 jam. Fluktuasi arus diharapkan meliputi padat, sedang, dan lengang.

Hasil proses pengumpulan data menggunakan TrafficCam adalah data arus (q) per komposisi KR, KS (termasuk BB, TB) dan SM dan kecepatan rata-ratanya per interval waktu tertentu (5 menit). Dari

data arus yang diperoleh, dievaluasi untuk melihat spektrum kepadatannya. Jika kurang memadai, maka dilakukan survei tambahan.

Untuk menetapkan klasifikasi kendaraan berdasarkan panjang kendaraan, dilakukan pengumpulan data panjang kendaraan. Pengukuran dilakukan secara manual, mengukur langsung kendaraan-kendaraan yang sedang berhenti, khususnya di tempat parkir, atau di tempat istirahat kendaraan angkutan barang, atau di terminal angkutan umum.

Play back rekaman video ini diamati untuk mendapatkan data jumlah kendaraan yang menempati ruang lajur jalan dalam kondisi lengang, sedang, dan padat. Rekaman video tersebut, digunakan untuk validasi hasil perhitungan lalu lintas. Rekaman ini disiapkan untuk dikompilasi menggunakan Video Image Processor (VIP) untuk mendapatkan data arus yang lebih terinci.

Metoda penetapan ekr

Untuk mendapatkan nilai ekr, data arus lalu lintas dianalisis menggunakan pendekatan 3 kemungkinan pendekatan, yaitu 1) kecepatan, 2) kapasitas, dan 3) penggunaan ruang oleh kendaraan. Pendekatan kecepatan dan kapasitas yang mencari hubungan antara v terhadap q_{KR} , q_{KS} , dan q_{SM} , serta hubungan q_{KR} terhadap q_{KS} dan q_{SM} yang menggunakan teknik regresi telah dijelaskan pada kajian literatur. Cara penggunaan ruang oleh kendaraan diupayakan untuk mengantisipasi perilaku sepeda motor di jalan-jalan umum perkotaan yang bermanuver tidak mengikuti aturan antrian beriring yang menjadi dasar teori-teori arus lalu lintas. Cara ini menghitung jumlah kendaraan per jenis yang menggunakan ruang jalan (panjang tertentu per

lajur) dengan mengabaikan apakah kendaraan tersebut mengantri atau tidak. Perhitungan jumlah kendaraan dibedakan untuk kondisi arus lalu lintas lengang (free flow speed, dengan $q < 800$ kend./jam per 2 lajur dua arah atau satu arah), sedang (mengalir dengan lancar, dengan $800 \leq q < 1800$ kend./jam per 2 lajur 2 arah), dan padat (dengan $q > 1800$ kend./jam per 2 lajur 2 arah). Perbandingan antara jumlah kendaraan per jenis yang mengisi ruang jalan dalam setiap kondisi arus merupakan dasar ditetapkannya ekr.

Metoda penetapan C_0

C_0 ditetapkan secara empiris berdasarkan hubungan antara arus lalu lintas (q), kecepatan (v , yang merupakan m/s), dan kerapatan (k) (lihat misalnya Salter, 1976). Hubungan tersebut adalah:

$$q = v \cdot k \dots\dots\dots 11)$$

Nilai kapasitas adalah nilai maksimum q yang dianalisis dari hubungan antara k versus v yang secara empiris dapat dianalisis dari data arus lalu lintas.

Nilai ekr yang diperoleh, dipakai untuk merubah satuan arus lalu lintas dari satuan kendaraan per jam menjadi skr per jam , dengan demikian data arus akan terdiri dari q dalam satuan skr/jam dan v dalam satuan km/jam . Data ini kemudian dianalisis untuk menetapkan kecenderungan hubungan antara kecepatan versus kerapatan.

Pada umumnya, untuk setiap interval kerapatan kendaraan, terdapat kecepatan arus lalu lintas yang bervariasi. Untuk tujuan penetapan kapasitas jalan, digunakan kecepatan tertinggi atau kecepatan diatas 95%-tile dari distribusi kecepatan dalam satu kerapatan tertentu (hmmmmmm.....!).



BAB IV

Hasil dan Analisa

Data arus, kecepatan, dan kerapatan (qvk) yang dikumpulkan dan siap dianalisis untuk tipe jalan 2/2TT meliputi 2467 set arus lalu lintas dua lajur dua arah dari 25 segmen jalan, dan untuk tipe jalan 4/2T meliputi 4649 set arus lalu lintas pada lajur kiri (atau lajur lambat) dan 4541 set arus lalu lintas lajur kanan (atau lajur cepat) dari 25 segmen jalan perkotaan. Data tersebut diperoleh dari survei di kota-kota: DKI-Jakarta, Bandung, Tasikmalaya, Serang, Cirebon, Semarang, Yogyakarta, Surakarta, Malang, Surabaya, Denpasar, Mataram, Palembang, Jambi, Padang, Pekanbaru, Medan, Banda Aceh, Pontianak, Banjarmasin, Balikpapan, Makassar, Kendari, Manado, dan Ambon.

Analisa ekr

Untuk mendapatkan nilai ekr, data dianalisis menggunakan pendekatan kecepatan, kapasitas, dan penggunaan ruang oleh kendaraan.

Pendekatan kecepatan digunakan untuk data pada kondisi arus lalu lintas yang lenggang berkecepatan tinggi sehingga menghasilkan kondisi kecepatan bebas. Secara praktis, kondisi ini didasarkan atas beberapa kriteria, yaitu $q < 800$ kendaraan/jam (MKJI'97), $h < 9$ detik (atau $q < 400$ kendaraan/jam per lajur), $k < 10$ kendaraan/km yang bergerak tidak dalam platoon. Pendekatan ini mencari hubungan antara v terhadap KR , KS , dan SM adalah sebagai berikut. Beberapa analisis dilakukan, baik pendekatan kecepatan maupun pendekatan kapasitas, menghasilkan nilai yang kurang relevan dengan nilai yang diharapkan seperti contoh sebagai berikut:

a) Untuk jalan 2/2TT:

$$v = 53,6 - 0,005353 q_{SM} - 0,002077 q_{KR} - 0,013769$$

$$q_{KS}$$

$$R^2 = 0,51$$

b) Untuk jalan 4/2T:

$$v = 61,91 - 0,08129 q_{SM} - 0,08815 q_{KR} + 0,033517 q_{KB}$$

$$R^2 = 0,45$$

Hasil diatas menunjukkan bahwa korelasi model persamaan dengan dispersi data yang tidak terlalu baik, disamping nilai koefisien persamaan memberikan perbandingan yang tidak dikarapkan. Misalnya dari persamaan a), koefisien $q_{SM}=0,005353$ lebih besar dari koefisien $q_{KR}=0,002077$, sehingga menghasilkan $ekt_{SM}=2,58$. Nilai ini menjadi tidak relevan dalam konteks ekr, dimana diharapkan nilainya lebih kecil dari satu. Hal ini dimungkinkan terjadi karena sepeda motor dalam arus lalu lintas, dapat bergerombol sehingga oleh kamera dianggap sebagai suatu kendaraan KR

atau KS. Hal lain, sepeda motor berdekatan dengan kendaraan sehingga dianggap sebagai bagian dari satu kendaraan. Akibat hal ini, perhitungan lalu lintas menjadi lebih banyak kepada kendaraan dari kejadian yang sesungguhnya dan membentuk pola yang tidak beraturan. Disamping itu, akibat karakteristik arus kendaraan yang “kurang” teratur, khususnya akibat perilaku manouver sepeda motor, adalah sulit untuk didekati dengan idealisasi single rezim. Hal ini yang mendorong dilakukannya cara lain yaitu cara dengan menghitung penempatan ruang lajur jalan oleh kendaraan dalam kondisi lengang, sedang, dan padat.

Pendekatan penggunaan ruang oleh kendaraan pada kondisi statis memberikan nilai ekr seperti ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Ekr berdasarkan perbandingan panjang kendaraan (statis)

Jenis	Panjang kendaraan, m			Ekr	
	rata-rata	maksimum	minimum	dasar	Praktis
SM	1,98	2,31	1,74	0,4	0,4
KR	4,87			1,0	1,0
BS, B1.1	4,93	5,10	4,00	1,0	1,0
BB, B1.2	10,44	11,60	10,44	2,0	2,0
TB (Rigid Truck)				2,0	2,0
T 1.1	4,20	6,20	3,50		
T 1.2	7,74	9,50	7,74		
T 1.22	10,28	12,90	8,75		
T 11.2	13,56	16,60	13,56		
T 11.22	13,36	16,80	13,36		
Rata-rata:	9,83	12,40	9,38		
TB, Truk gandengan (Truck trailer)				3,6	3,4
T 1.2 + 22	16,58	20,70	16,58		
T 11.2 + 22	18,63	22,50	18,56		
Rata-rata:	17,60	21,60	17,57		
TB, Truk Tempelan (Truck Semi-Trailer)				3,2	3,4
T 1.2 - 2	17,80	19,90	15,70		
T 1.2 - 22	13,51	16,80	13,51		
T 1.2-222	16,26	18,20	16,27		
T 1.12-22	16,07	16,20	16,07		
T 1.12 - 222	13,38	16,90	13,38		
T 1.22 - 22	17,15	17,60	17,15		
T 1.22 - 222	16,79	20,70	16,79		
Rata-rata:	15,85	18,04	15,55		

Pendekatan penggunaan ruang oleh kendaraan pada kondisi dinamis (bergerak) untuk tipe jalan

2/2TT dan 4/2T, pada kondisi lengang, sedang, dan padat memberikan nilai ekr seperti pada table 5.

Tabel 5. ekr berdasarkan penggunaan ruang oleh kendaraan untuk jalan 2/2TT

No.	Kondisi arus lalu lintas	ekr		
		SM	KR	KS
Untuk jalan 2/2TT				
1	Lengang, $q < 800$ kend./jam	0,25-0,50	1,00	1,00-2,00
2	Sedang, $800 \leq q < 1800$ kend./jam	0,25-0,56	1,00	2,00-5,00
3	Padat, $q > 1800$ Kend./jam	0,25-0,40	1,00	1,33-2,00
Untuk jalan 4/2T				
1	Lengang, $q < 800$ kend./jam	0,50	1,00	2,00
2	Sedang, $800 \leq q < 1600$ kend./jam	0,44-0,67	1,00	2,00-4,00
3	Padat, $q > 1600$ Kend./jam	0,38-0,40	1,00	1,33-2,00

Hasil akhir analisis dilakukan setelah membandingkan, mempertimbangkan, dan men “diskusikan” hasil-hasil tersebut, diusulkan untuk dikinikan nilai ekr sesuai dalam Tabel 6.

Tabel 6. Nilai ekr segmen jalan perkotaan

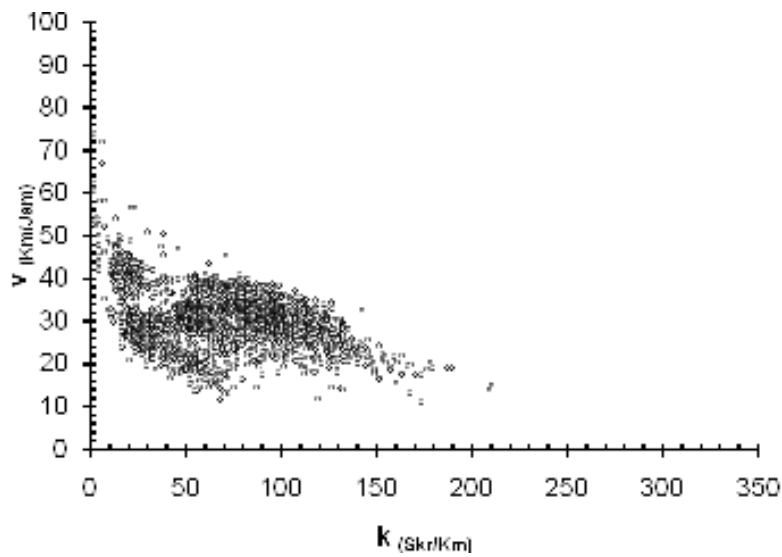
Tipe Jalan	Arus (kend./jam)	Ekr	
		KS	SM
2/2TT	Lengang, $q < 800$ kend./jam (2 arah)	1,50	0,40
	Sedang, $800 \leq q < 1800$ kend./jam (2 Arah)	2,20	0,25
	Padat, $q > 1800$ Kend./jam (2 Arah)	2,00	0,20
4/2T	Lengang, $q < 800$ kend./jam (2 lajur 1 arah)	1,50	0,40
	Sedang, $800 \leq q < 1600$ kend./jam (2 lajur 1 arah)	2,50	0,33
	Padat, $q > 1600$ Kend./jam (2 lajur 1 arah)	2,00	0,30

Analisa C_0

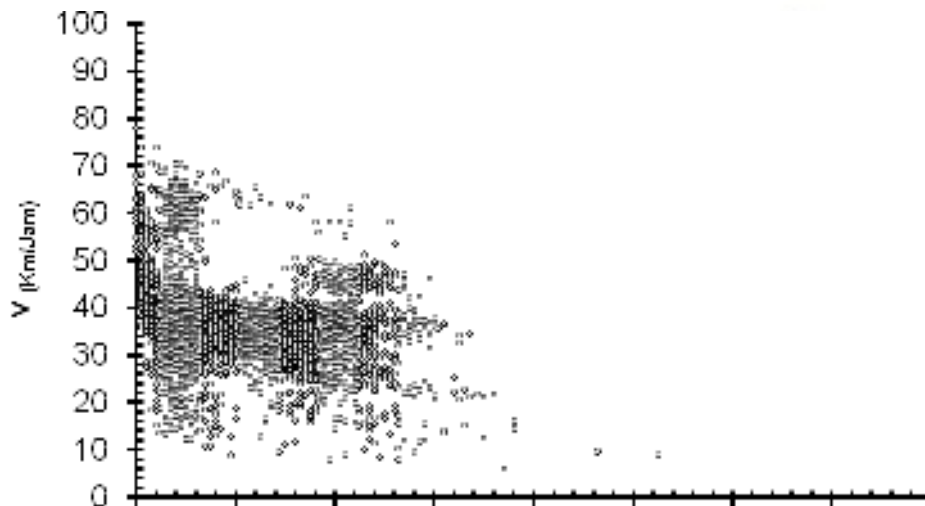
Data setelah dikonversi satuannya, kemudian di plot untuk mengevaluasi disperse data. Gambar 5 s.d. 6 menunjukkan dispersi k versus v arus lalu lintas, masing-masing untuk tipe jalan 2/2TT dan 4/2T.

Dari ketiga diagram tersebut, terdapat variasi

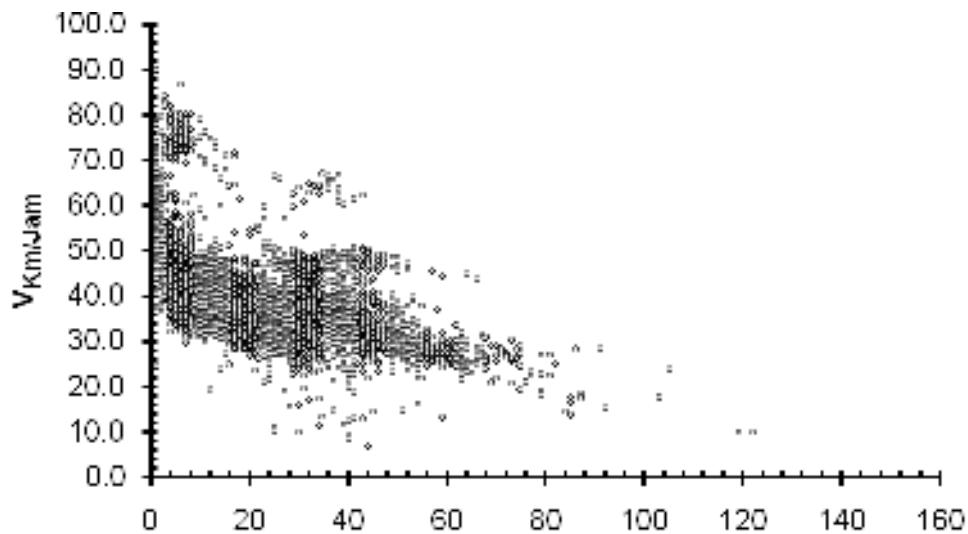
kecepatan arus lalu lintas untuk suatu nilai k tertentu (misalnya pada untuk $k=100$ skr/km, v bervariasi dari 18 s.d. 38 km/jam). Hal ini menunjukkan bahwa para pengemudi memilih kecepatan bervariasi, tidak selalu memilih v yang paling tinggi. v tertinggi pada suatu k tertentu akan menghasilkan q tertinggi, dan ini menjadi asumsi untuk penetapan kapasitas.



Gambar 4. Plot 2467 set data v-k dari 24 kota pada tipe jalan 2/2T (sumber: Survei Pusjatan, 2011).



Gambar 5. Plot 4781 set data k-v dari 24 kota pada lajur kiri tipe jalan 4/2T. (sumber: Survei Pusjatan, 2011).



Gambar 6. Plot 4745 set data k-v dari 24 kota pada lajur kanan tipe jalan 4/2T (sumber: Pusjatan, 2011).

Penetapan C_0 berdasarkan pendekatan matematis, ditentukan oleh 3 parameter, yaitu 1) V_B , 2) K_j , dan 3) model pendekatan (linear atau non linear). Parameter 1) dan 2) dapat diperoleh dari pengukuran lapangan, dan parameter ke 3 ditetapkan dari kecenderungan dispersi data.

k maksimum suatu arus (yang masih berjalan) tidak akan lebih dari k pada kondisi macet (jam concentration). MKJI'97 menggunakan nilai k maksimum 160 skr/km dalam 1 lajur, yang berarti panjang satu skrrata-rata termasuk ruang diantaranya (spacing) sebesar 6,25m. Panjang KR rata-rata adalah 4,90m (Survei Pusjatan, Mei 2011), sehingga pengambilan k maksimum sebesar 160 cukup beralasan dan nilai ini dapat digunakan sebagai referensi selanjutnya. Dilihat dari dispersi data yang diplot pada gambar-gambar di atas yang pada umumnya berupa data arus yang masih berjalan (mengalir), nilai-nilai k masih dibawah 160skr/jam per lajur.

V_B dapat bervariasi, tergantung dari kombinasi karakter dari kendaraan dan pengemudi. Dari data arus dapat dilakukan analisis dengan beberapa cara, misalnya 1) dievaluasi dari arus dengan $h \geq 9$ detik, 2) dievaluasi secara analitis dari kurva k - q , dan 3) dievaluasi dari model persamaan arus k - v . Dalam analisis berikut ini, V_B dianalisis dengan cara ke 3) dan dikonfirmasi dengan cara ke 2.

Analisis C_0 untuk tipe jalan 2/2T

Untuk tipe jalan 2/2T dipakai pendekatan linear.

Pemodelan dilakukan pada “punggung” dispersi data dengan katagori data >95 persentilev tertinggi pada setiap nilai k . Kondisi ini merepresentasikan karakter arus lalu lintas yang “paling agresif” untuk menetapkan nilai q maksimum rata-rata. Hasil analisis regresi berikut plotting datanya (lihat Gambar 8) menurunkan persamaan sebagai berikut:

$$v = 47,52 - 0,15 k \dots\dots\dots 12)$$

dengan nilai $R^2=0.75$

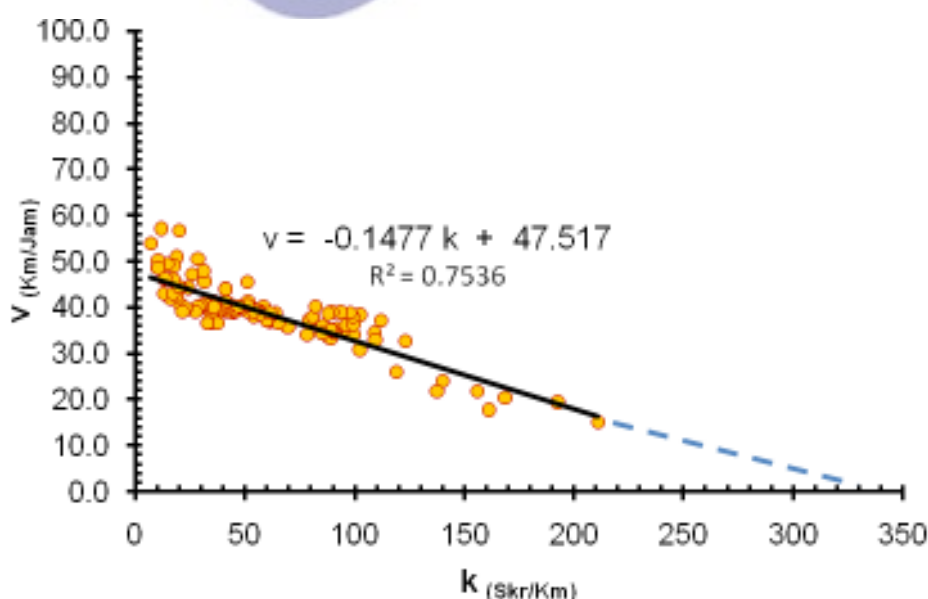
Keterangan:

v – kecepatan arus, km/jam

k – kerapatan arus, skr/km.

R^2 – koefisien determinasi

Persamaan tersebut memberikan $V_B=47,52$ Km/jam. Jika melihat plot k - q pada Gambar 9, dan mengambil garis tangen pada punggung dispersi data, maka diperoleh $V_B=45$ km/jam (kurang lebih). Perbedaan nilai ini, berkaitan dengan proses analisisnya dimana penetapan garis tangen pada dispersi data k - q lebih dilakukan secara visual, sehingga dapat memberikan perbedaan. Sementara itu penganalisaan data menggunakan 95%-tile v pada setiap interval k , juga tidak mengambil 100% data. Dengan demikian, pengambilan nilai V_B untuk penetapan C_0 , sekaligus mengoreksi persamaan di atas, akan diambil rata-rata dari pendekatan ini dan dibulatkan. Hasilnya $V_B = 46$ Km/jam.

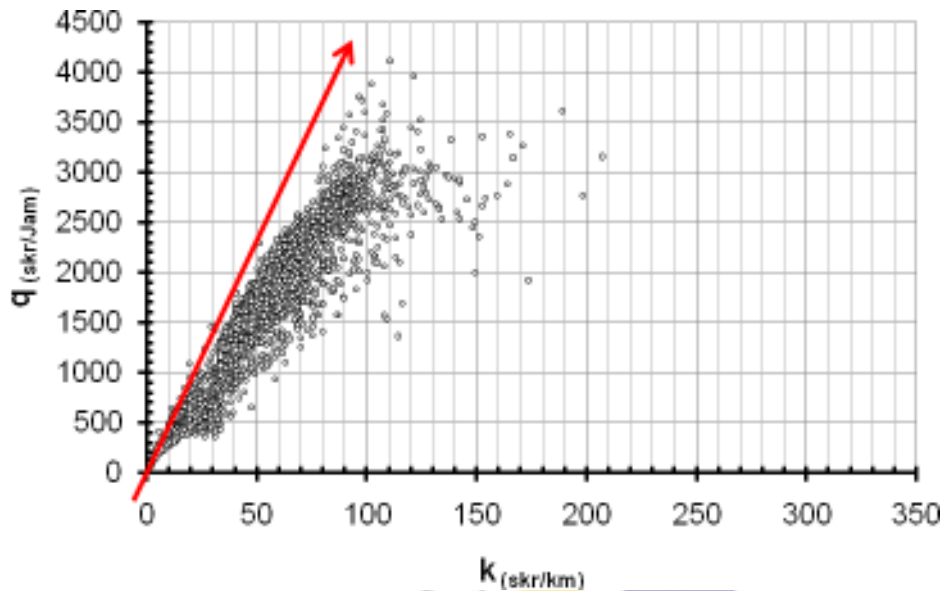


Gambar 7. Hubungan v - k untuk tipe jalan 2/2TT

Plot data arus antara k versus q (Gambar 9) menunjukkan distribusi q - k yang mengumpul pada kepadatan yang rendah (s.d. 120 skr/km untuk dua lajur dua arah atau dalam 1 lajur sekita 60 skr/km). Dari plotting tersebut dapat ditarik garis singgung

yang menunjukkan kecepatan bebas arus (V_B) sekitar 45Km/jam.

Nilai ini mengkonfirmasikan persamaan regresi yang ditunjukkan oleh konstanta persamaan regresi sebesar 47,517Km/jam.



Gambar 8. $V_B = 45\text{km/jam}$, pada tipe jalan 2/2TT

Mengevaluasi persamaan kapasitas diatas, dan dengan asumsi $K_j=320\text{skr/km}$ untuk 2 arah serta hubungan k - v yang linear, maka diperoleh nilai $C_0 = 3600\text{skr/jam}$ untuk 2 arah. Dengan demikian disimpulkan bahwa C_0 tipe jalan 2/2T adalah sebesar 3600skr per jam.

Analisa C_0 untuk tipe jalan 4/2T

Pada tipe jalan 4/2T, mengevaluasi dispersi data k - v , maka pendekatan linear dapat digunakan. Data untuk mencari model kapasitas dilakukan untuk data arus yang terdistribusi dengan kecepatan 95%-tile tercepat pada setiap nilai k . Plot data v - k dapat dilihat pada Gambar 10-11. Hasil analisis

regresi menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$v = 68,50 - 0,455 k \quad (\text{untuk lajur kiri, atau lajur lambat}) \dots\dots\dots 13)$$

dengan $R^2=0,8006$

$$v = 79,42 - 0,640 k \quad (\text{untuk lajur kanan, lajur cepat}) \dots\dots\dots 14)$$

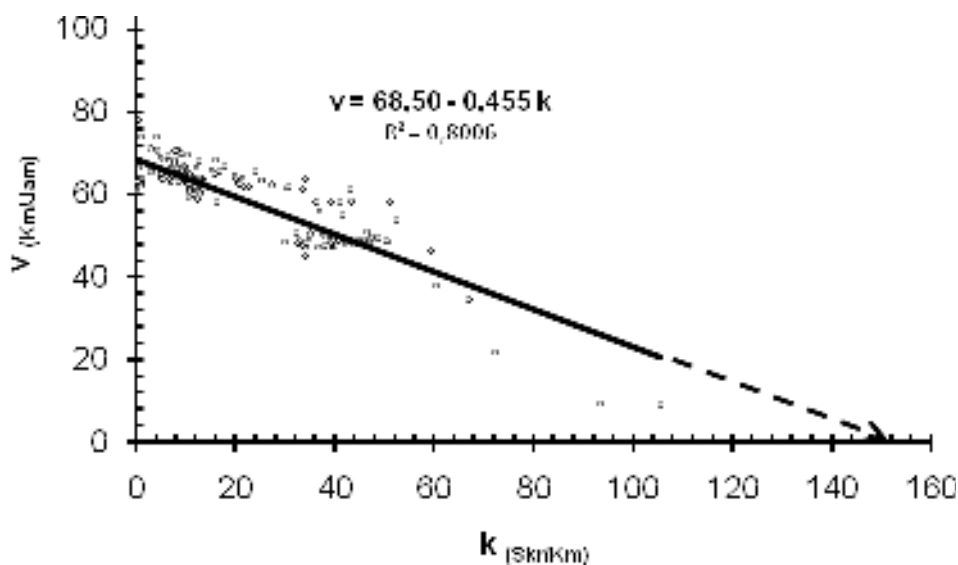
dengan $R^2=0,8371$

Keterangan:

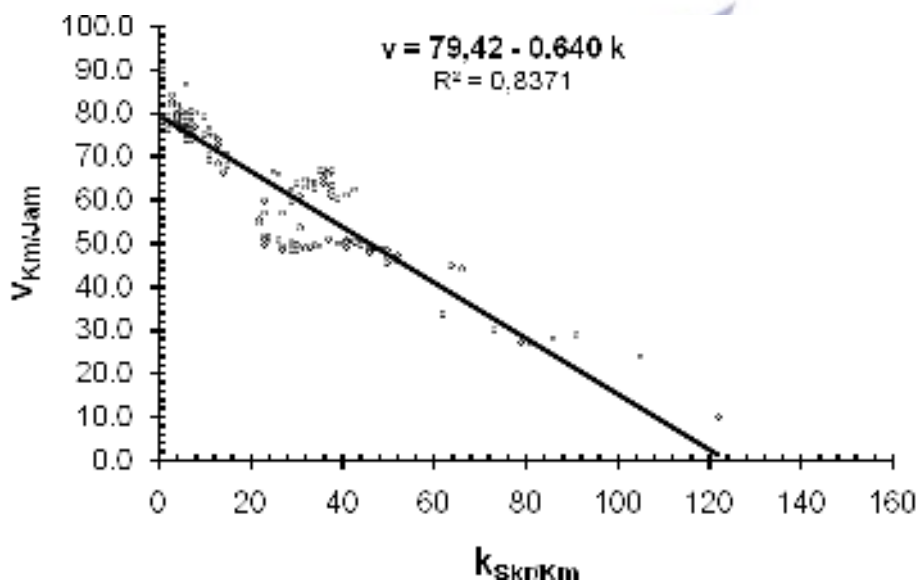
v – kecepatan arus, km/jam

k – kepadatan arus, kendaraan/km.

R^2 – koefisien determinasi



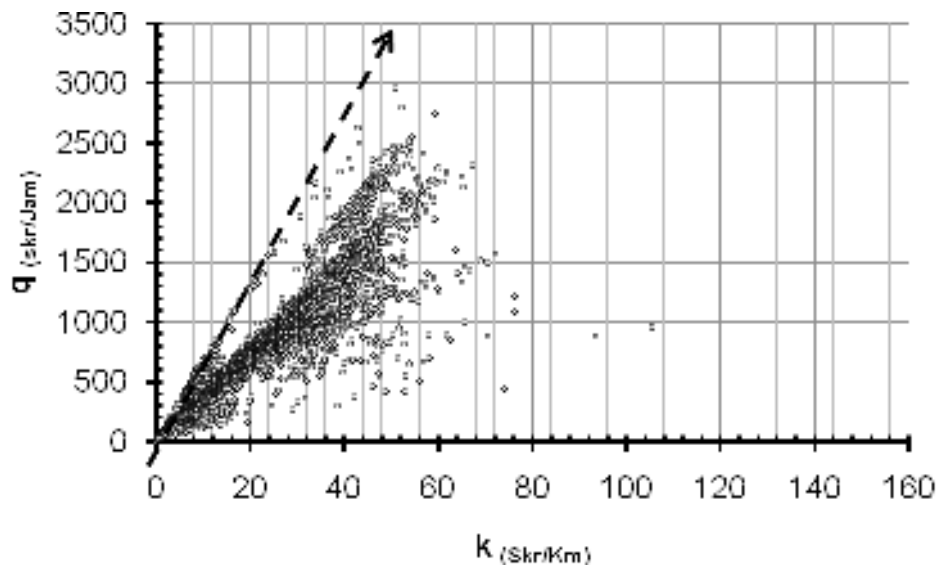
Gambar 9. Distribusi k-v untuk data 95%-tile kecepatan pada setiap klaster k, pada lajur kiri jalan tipe 4/2T



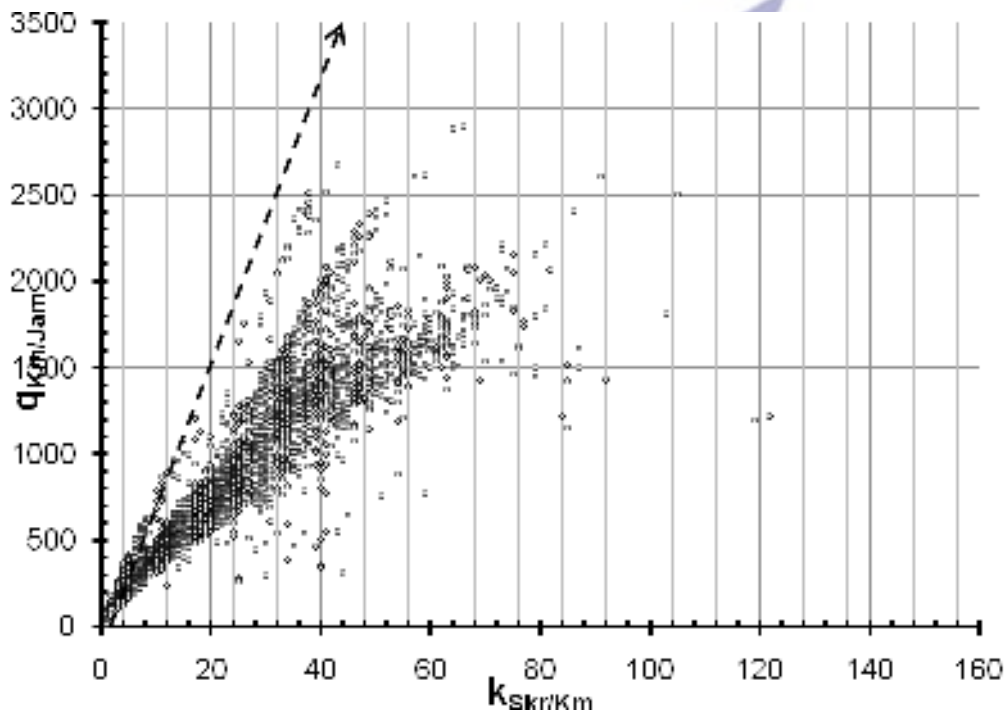
Gambar 10. Distribusi k-v untuk data 95%-tile kecepatan pada setiap klaster k, pada lajur kanan tipe jalan 4/2T

Plot data arus k-q (Gambar 12 dan 13) menunjukkan distribusi k-q per lajur yang mengumpul pada kerapatan s.d. 60skr/km sebagian kecil menyebar s.d. 112skr/km. Jika ditarik garis singgung, V_B diperkirakan sekitar 67Km/jam untuk lajur kiri dan 80Km/Jam untuk lajur kanan. Nilai ini

mengkonfirmasi persamaan regresi yang ditunjukkan oleh konstanta persamaan regresi sebesar 68,5Km/jam dan 79,42Km/jam. Untuk tujuan penetapan kapasitas, nilai tersebut dibulatkan menjadi $V_{B, \text{lajur kiri}} = 68\text{Km/jam}$ dan $V_{B, \text{lajur kanan}} = 80\text{Km/Jam}$.



Gambar 11. $V_b = 67$ km/jam, pada tipe jalan 4/2TT, lajur kiri



Gambar 12. $V_b = 80$ km/jam, pada tipe jalan 4/2T, lajur kanan

Mengevaluasi persamaan kapasitas diatas, dengan asumsi $K_j=150$ skr/jam untuk lajur kiri dan $K_j=125$ skr/jam untuk lajur kanan serta hubungan k-v linear, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa C_0 tipe jalan 4/2T sebesar $C_0=2550$ skr/jam untuk lajur kiri dan $C_0=2500$ skr/jam untuk lajur kanan, yang dibulatkan menjadi $C_0=2500$ skr/jam baik lajur kiri maupun lajur kanan.

Perbandingan C_0 MKJI'97 dengan 2011

Pada tabel berikut ini dibandingkan hasil perhitungan C_0 tahun 2011 dengan MKJI'97. Nilai tahun 2011 menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 1997. Hal ini sesuai dengan hipotesa kenaikan nilai kapasitas berkaitan dengan karakteristik arus lalu lintas dewasa ini, khususnya jumlah kendaraan yang meningkat dan proporsi sepeda motor yang besar.

Tabel 7. Perbandingan C_0 MKJI'97 dan PKJI 2011

Tipe Jalan	C_0 (skr/jam)		Catatan
	MKJI'97	PKJI'11	
4/2T	1650 per lajur	2500 per lajur	Meningkat 51%
2/2TT	2900 total 2 arah	3600 total 2 arah	Meningkat 24%



BAB V

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari uraian di muka, penelitian ini menyimpulkan bahwa:

- 1) Nilai ekr mengalami perubahan, nilai ekr untuk SM mengecil, dan K_{SsertaKB} untuk ruas jalan perkotaan besar hampir tetap (lihat tabel).
- 2) C_0 tipe jalan 2/2T meningkat 51% dan tipe jalan 4/2T meningkat 25%.

Saran

- 1) Model hubungan v-k yang linear merupakan salah satu pendekatan untuk menjelaskan dispersi data secara matematis. Pendekatan non-linear disarankan untuk diteliti lebih lanjut.
- 2) Penelitian pengkinian ekr dan C_0 ini dilakukan untuk jalan terpilih dengan kondisi yang cukup ideal, sehingga penggunaan hasilnya perlu memperhatikan keberlakuannya sesuai dengan data yang mendasarinya. Faktor koreksi kapasitas akibat bentuk jalan yang kurang ideal, belum dilakukan. Untuk ini, penelitian perlu dilanjutkan untuk mengoreksi faktor koreksi.

Daftar Literatur

- Antono SP, Davey K, Efi Novara, 2009: "Pengkinian MKJI'97". Makalah disajikan dalam workshop permasalahan MKJI'97, 14 May 2009, Pusjatan, Bandung.
- Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Barat, Dishub Jabar, 2009: "Pengkinian Manual Kapasitas Jalan Indonesia". Makalah disajikan dalam workshop permasalahan MKJI'97, 14 May 2009, Pusjatan, Bandung.
- Direktorat Keselamatan Transportasi (DKT) Kementerian Perhubungan, 2007: "Perkiraan pertumbuhan kepemilikan kendaraan bermotor".
- Direktorat Jenderal Bina Marga, DJBM, 2009: "Pemanfaatan dan usulan pengkinian MKJI'97, beberapa pokok pikiran dalam rangka pemutakhiran MKJI'97". Makalah disajikan dalam workshop permasalahan MKJI'97, 14 May 2009, Pusjatan, Bandung.
- Directorate General Of Highways (DGH), 1993: "Indonesia Highway Capacity Manual, Part I – Urban Roads". No.09/T/BNKT/1993, Directorate of Urban Development, DGH, Jakarta.
- Direktorat Lalu-lintas dan Angkutan Jalan, DLLAJ, 2009: "Pemanfaatan dan usulan pengkinian MKJI'97, beberapa pokok pikiran dalam rangka pemutakhiran MKJI'97". Makalah disajikan dalam workshop permasalahan MKJI'97, 14 May 2009, Pusjatan, Bandung.
- Erwin K. 2009: "Pengkinian Manual Kapasitas Jalan Indonesia". Laporan penelitian Balai Teknik Lalu-lintas dan Lingkungan Jalan, tahun anggaran 2009 Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Greenberg, H., 1959. An analyses of traffic flow. Operation Research 7.
- Greenshield, B.D., 1935. A study in highway capacity. Highway Research Board Proceedings 14.
- Munawar A., 2009: "Pengkinian Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997". Makalah dipresentasikan pada workshop permasalahan MKJI'97, 14 May 2009, Pusjatan, Bandung.
- Pemerintah Republik Indonesia (PRI), 2009: "Undang-undang nomor 29 tahun 2009 tentang lalu-lintas dan angkutan jalan".
- PRI, 2006: "Peraturan Pemerintah nomor 34 tahun 2006 tentang jalan"
- , 2004: "Undang-undang nomor 38 tahun 2004 tentang jalan"
- SALTER R.J., 1983: "Highway Traffic Analyses and Design". The Macmillan Press Ltd., London and Basingstroke.
- SWEROAD in Association with PT Bina Karya (Persero), 1994: "Indonesian Highway Capacity Manual Project, Phase 2: Inter-urban Roads". Final Report of consulting services for Highway Capacity Manual to Direktorat Bina Kota, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- , 1997: "Manual Kapasitas Jalan Indonesia". Direktorat Bina Kota, Direktorat Jenderal Bina Marga (Laporan konsultan yang tidak diterbitkan), Jakarta Februari 1997.
- Transportation Research Board (TRB), 2000. Highway Capacity Manual. Special report 209, TRB, National Research Council, Washington D.C.
- Underwood, R.T., 1961. Speed, volume and density relationships. Quality and theory of traffic flow. Yale Bureau of Highway, 1961.