

DAFTAR ISI

Bab I Pendahuluan	3
I.1. Latar Belakang	3
I.2. Tujuan	3
Bab II Kajian Literatur	4
II.1. Bagian MKJI'97 yang direvisi	4
II.2. Tipe jalan	4
II.3. Tipe medan dan tipe alinemen jalan	5
II.4. Ekr	6
II.5. Kapasitas dasar	7
II.6. Pendekatan empiris dalam menetapkan Emp dan Kapasitas dasar	9
II.7. Ringkasan kajian literatur	10
Bab III Metodologi	11
Bab IV Hasil dan Analisis	13
IV.1. Data	13
IV.2. Nilai ekr	14
Kesimpulan dan Saran	16
V.1. Kesimpulan	16
V.2. Saran	16

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tipe medan (topography) jalan	6
Tabel 2. Tipe alinemen jalan	6
Tabel 3. Ekr untuk Jalan Bebas Hambatan tipe 4/2T	7
Tabel 4. Kapasitas Dasar Ruas Jalan Bebas Hambatan	8
Tabel 5. Lokasi pengumpulan data arus lalu lintas JBH, 2011	13
Tabel 6. Persamaan regresi, R^2 , VB, dan ekr hasil regresi untuk lalu lintas dalam lajur kiri JBH, untuk kondisi lengang ($v > 60 \text{ Km/jam}$ dan $k < 6 \text{ kend./Km}$).	14
Tabel 7. Persamaan regresi, R^2 , q (lengang), dan ekr untuk lalu lintas pada lajur kiri, dan kondisi lalu lintas lengang hasil analisis	14
Tabel 9. Ekr untuk JBH tipe 4/2T	14
Tabel 10. Kapasitas Dasar Ruas Jalan Bebas Hambatan	15

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Hubungan kecepatan vs kerapatan untuk JBH tipe 4/2T.	8
Gambar 2. Hubungan kecepatan vs arus untuk JBH tipe 4/2TT.	8
Gambar 3. Plot data v-k untuk lajur kiri JBH.	14
Gambar 4. Plot data v-k untuk lajur kanan JBH	15

GLOSARI

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 ≤5,00m
KS	Kendaraan Sedang, dengan jumlah as 2 s.d. 3, dengan panjang ≤ 9,00m
KB	Kendaraan Berat (termasuk Bus Besar, Truk besar, Gandengan, semi trailler), 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 ≤ 2,60m
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

I.1. Latar Belakang

Di dalam perhitungan analisis jalan, termasuk JBH, digunakan ekr dan C_0 . Ekr dipakai untuk mengkonversi satuan arus lalu lintas dari kendaraan per jam menjadi skr per jam, dan C_0 adalah nilai baku kapasitas atau kemampuan maksimum suatu ruas jalan standar untuk menyalurkan arus kendaraan per jam.

MKJI'97 menggunakan ekr dan C_0 yang dirumuskan pada tahun 1997 berdasarkan data yang dikumpulkan sekitar tahun 1993-1995 oleh Ditjen Bina Marga yang dibantu oleh konsultan internasional dari Swedia (SWEROAD). Sejak awal dipublikasikan sampai saat ini, sudah 14 tahun, MKJI'97 belum berubah. Beberapa alasan telah diungkapkan bahwa MKJI'97 perlu direvisi (Antono dkk, 2009; Dishub Jabar, 2009, DKT, 2009; DJBM, 2009; DLLAJ, 2009; Munawar, 2009; Hikmat Iskandar, 2011) dan salah satu yang perlu diungkapkan ulang

adalah bahwa kondisi per lalu lintas dewasa ini dipandang mengalami perubahan yang penting, khususnya berkaitan dengan populasi kendaraan yang meningkat tinggi, porsi sepeda motor yang juga meningkat, perubahan regulasi tentang jalan dan lalu lintas dengan terbitnya UU No.38/2004 (PRI 2004) dan UU No.22/2009 (PRI, 2009) beserta PP dan Kepmen turunannya, pertumbuhan panjang jalan, dan perkembangan teknologi kendaraan yang menyebabkan perubahan kemampuan manouver kendaraan. Alasan-alasan tersebut yang menjadi dasar dilakukannya pengkinian ekr dan C_0 untuk JBH.

I.2. Tujuan

Tujuan penulisan Naskah Ilmiah ini adalah untuk menyampaikan hasil eksperimen lapangan untuk menetapkan nilai ekr dan C_0 sebagai bahan untuk mengkinikan kedua nilai tersebut dalam MKJI'97.



BAB II

Kajian Literatur

II.1. Bagian MKJI'97 yang direvisi

Beberapa komponen dasar yang dikaji ulang dan disesuaikan dengan perkembangan dewasa ini adalah tipe jalan, nilai ekr (atau dalam MKJI'97 versi bahasa Indonesia disebut emp), kapasitas dasar C_0 , dan metoda penetapan ekr dan C_0 . Dalam kajian pustaka ini, topik-topik tersebut dibahas.

II.2. Tipe jalan

Ciri-ciri segmen JBH, sesuai definisi MKJI'97 adalah:

- sebagai jalan untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara penuh;
- merupakan jalan terbagi, tipe 4/2T, 6/2T, 8/2T;
- sampai saat ini, pada umumnya berupa jalan tol
- segmen jalan di antara simpang susun dan tidak terpengaruh oleh lalu lintas simpang

tersebut,

- dilengkapi jalur penghubung untuk ke luar dan masuk JBH yang dalam hal ini tidak dimasukkan sebagai ruas JBH tetapi dapat sebagai ruas jalan luar kota atau ruas jalan perkotaan yang memiliki hambatan samping sangat rendah.
- mempunyai karakteristik rencana geometrik dan arus lalu lintas yang homogen pada seluruh panjangnya. Titik-titik di mana karakteristik jalan berubah secara signifikan menjadi batas segmen sekalipun tidak ada simpang susun di dekatnya, kecuali perubahan tersebut kecil sehingga tidak signifikan,
- segmen JBH luar kota secara umum diperkirakan jauh lebih panjang dari segmen JBH perkotaan atau semi perkotaan, karakteristik jalan, linfkgungan dan lalu lintasnya, dalam konteks kapasitas disamakan.

MKJI'1997 menggolongkan 3 tipe JBH, tetapi kedepan dirubah hanya menjadi 1 tipe dengan alasan sebagai berikut:

1. JBH 2/2TT, tipe ini tidak dikembangkan lebih lanjut sesuai dengan Pasal 32 ayat (2) PP 34/2006 (PRI, 2006), bahwa JBH paling tidak memiliki tipe jalan 4/2T dengan lebar lajur paling kecil 3,50m.
2. JBH 4/2TT, tipe ini pun tidak dikembangkan lebih lanjut, konsisten dengan aturan seperti pada butir 1.
3. JBH 4/2T, 6/2T, 8/2T, ini adalah tipe-tipe JBH yang sesuai peraturan yang berlaku, dan menjadi topik naskah ini. Mempertimbangkan asumsi MKJI'97 bahwa kapasitas dan karakteristiknya tipe JBH 6/2T dan 8/2T serta yang lebih banyak lajurnya sama dengan JBH tipe 4/2T, maka dalam konteks pengkinian nilai ekr dan kapasitas dan naskah ilmiah ini pun, dianut asumsi yang sama, sehingga untuk eksperimen ekr dan C_0 tidak dibedakan JBH dengan jumlah lajur 4, 6, atau 8.

Beberapa hal yang perlu menjadi pertimbangan terkait regulasi dewasa ini.

- Berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan (PP.34/2006), jalan 2/2TT dan 4/2TT termasuk Jalan Sedang, dan jalan 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 jalan 4/2T. Tipe JBH kedepan hanya meliputi tipe jalan terbagi seperti jalan raya, tetapi dengan pengendalian penuh.
- PP.34/2006 menetapkan lebar lajur lalu lintas JBH paling kecil 3,50m sehingga lebar jalur lalu lintasnya sesuai jumlah lajur jalan bervariasi mulai dari 2x7,00m, 2x10,50m, 2x14,00m, dst. tergantung jumlah lajur per arah yang dibutuhkan. Ukuran-ukuran tipe jalan di atas menjadi ukuran standar yang harus dicapai JBH di Indonesia untuk masa yang akan datang sehingga perhitungan kapasitas jalan mengacu kepada ukuran standar tersebut.

II.3. Tipe medan dan tipe alinemen jalan

MKJI'97 membedakan tiga katagori medan jalan, yaitu datar, bukit, dan gunung. Klasifikasi medan tersebut dibedakan untuk: 1) Tipe medan topographi yang dilalui jalan, dan 2) tipe alinemen.

Kriteria teknis untuk membedakan katagori medan tersebut berupa: 1) angka lengkung horizontal serta vertikal alinemen jalan (hilliness dan bendiness), dan 2) batas nilai (%) kemiringan melintang jalan yang tegak lurus sumbu jalan. Angka teknis tersebut dapat dilihat pada tabel berikut. Beberapa pertimbangan teknis melatarbelakangi pembagian terrain tersebut yang kedepan masih digunakan.

AASHTO (2001) menjelaskan, pengkatagorian medan menjadi level terrain, rolling terrain, dan mountainous terrain didasarkan pada pencapaian jarak pandang jalan (highway sight distance) dan biaya pembangunannya. Untuk medan datar, jarak pandang tersebut mudah dicapai tanpa harus membongkar atau meratakan topography yang ada sehingga tidak menyebabkan biaya konstruksi yang tinggi. Untuk medan bukit, pencapaian jarak pandang tersebut sekali-kali terhalang oleh kemiringan medan sehingga ada biaya tambahan untuk pembangunannya. Untuk medan gunung, pencapaian jarak pandang sering harus dilakukan penggalian (tebing atau bukit) karena medan yang miring dan berubah-ubah sehingga biayanya pun meningkat. Jadi pengkelasan medan seperti ini cenderung menjadi dasar untuk perencanaan alinemen atau geometrik jalan, semakin datar jalan cenderung meningkat biaya pembangunannya. US HCM (2000) menjelaskan, pengkatagorian alinemen jalan didasarkan pada kecepatan operasional kendaraan berat yang sedang berjalan mengarungi segmen jalan dengan bentuk alinemen dan kemiringan memanjang tertentu. Apabila dalam arus lalu-lintas tidak ada perbedaan kecepatan yang penting antara kendaraan berat dengan kendaraan ringan, maka jalan tersebut dikatagorikan alinemen datar. Jika dalam arus lalu lintas sudah mulai ada perbedaan kecepatan antara kendaraan berat dan kendaraan ringan yang signifikan tetapi kendaraan berat belum berjalan dalam kecepatan merayap (crawling speed) atau kecepatan minimumnya, maka alinemen tersebut dikatagorikan alinemen bukit. Jika perbedaan kecepatan tersebut sudah menyebabkan kendaraan berat berjalan pada kecepatan merayap, maka alinemen tersebut dikatagorikan alinemen gunung. Kapasitas jalan sangat terpengaruh oleh perbedaan kecepatan tersebut dan pengkatagorian alinemen diperhitungkan dalam analisis kapasitas. Tabel MKJI'97 dibawah ini, menjadi kriteria teknis yang membedakan pengkatagorian alinemen jalan. Ke depan, pengkatagorian medan dan alinemen

seperti diuraikan diatas masih dianut, sekalipun dapat dihipotesakan bahwa teknologi mesin kendaraan berat dewasa ini sudah lebih maju dibandingkan dengan saat MKJI'97 dirumuskan sehingga crawling speed kendaraan berat diperkirakan meningkat, sehingga dapat mempengaruhi batas hilliness lengkung vertikal.

Tabel 1. Tipe medan (topography) jalan

Kategori topography medan jalan	Kemiringan melintang medan yang tegak lurus sumbu jalan (%)	
Datar	<10	
Bukit	10 – 25	
Gunung	≥ 25	

Tabel 2. Tipe alinemen jalan

Kategori Tipe alinemen jalan	Lengkung Vertikal (<i>Hilliness</i>), (m/Km)	Lengkung horizontal (<i>Bendiness</i>), (Radian/Km)
Datar	0 - 10 (5)	< 1,00 (0,25)
Bukit	10 – 30 (25)	1,00 – 2,50 (2,00)
Gunung	≥ 30 (45)	≥ 2,50 (3,50)

Catatan: angka dalam kurung menjadi ukuran representatif geometrik yang ideal

Disamping itu, batas teknis hilliness, jika dinyatakan dalam persen, nilainya untuk alinemen datar adalah 0-1%, untuk alinemen bukit adalah 1%-3%, dan untuk alinemen gunung adalah >3%. Sementara itu, Permen PU No.19/PRT/2011(PRI, 2011) menetapkan batas kemiringan vertikal memanjang paling besar alinemen datarsegmen JBH untuk perencanaan adalah 4%, alinemen Bukit 5%, dan alinemen Gunung 6%. Hal ini perlu menjadi perhatian khusus untuk diteliti lebih lanjut dikaitkan dengan pengkategorian alinemen seperti dalam tabel 2.

II.4. Ekr

Arus lalu-lintas (q) adalah arus kendaraan yang beragam jenis dan fungsinya, dalam konteks kapasitas dinyatakan dalam satuan kend.jam. Untuk perhitungan kapasitas, semua nilai arus lalu-lintas perlu disamakan satuannya untuk idealisasi dalam memenuhi anggapan-anggapan pendekatan analisis sehingga bisa dibakukan (misal anggapan

single rezim atau homogeneous entity sebagai arus). Nilai arus dari satuan kend.jam dikonversikan menjadi skr/jam dengan menggunakan ekr yang nilainya diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan yang berbeda dengan kendaraan bakunya. Kendaraan baku ditetapkan kendaraan ringan, diberi kode KR, meliputi sedan, minibus, truk pickup, dan jeep. MKJI'97 menetapkan Kijang Super tahun 93 sebagai KR yang baku, tetapi dalam prakteknya, beragam jenis kendaraan "dianggap" memiliki nilai ekr yang sama dengan KR baku. Tipe kendaraan KR pada MKJI'97 menjadi nilai rujukan perbandingan satuan kendaraan per komposisi, maka nilai emp untuk jenis kendaraan ini adalah satu, dan yang lain adalah:

- Kendaraan berat menengah, sebelumnya diberi kode MHV (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 trail yang dewasa ini banyak digunakan, diberi kode sebelumnya HV (heavy vehicles) dan kedepan diberi kode TB.
- Sepeda motor, meliputi semua kendaraan roda dua bermotor, sebelumnya diberi kode MC, kedepan diberi kode SM.

Khusus untuk JBH, klasifikasi jenis kendaraan digolongkan menjadi 3, yaitu KR, KS dan KB dengan spesifikasi sebagai berikut:

- KR adalah semua kendaraan yang panjangnya <5m;
- KS adalah semua kendaraan yang panjangnya antara 5 dan 9m
- KB adalah semua kendaraan yang panjangnya lebih dari 9m.

Sepeda motor tidak dimasukan karena tidak diizinkan di jalan Tol, dan hambatan samping tidak ada karena jalan Tol dikendalikan penuh.

Nilai-nilai ekr kendaraan sesuai pengelompokan MKJI'97 menjadi objek untuk direvisi dan nilainya disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Ekr untuk Jalan Bebas Hambatan tipe 4/2T

Tipe alinyemen	Arus lalu-lintas per lajur (kend/jam)	ekr		
		KS	BB	TB
Datar	0	1,2	1,2	1,6
	1250	1,4	1,4	2,0
	2250	1,6	1,7	2,5
	≥2800	1,3	1,5	2,0
Bukit	0	1,8	1,6	4,8
	900	2,0	2,0	4,6
	1700	2,2	2,3	4,3
	≥ 2250	1,8	1,9	3,5
Gunung	0	3,2	2,2	5,5
	700	2,9	2,6	5,1
	1450	2,6	2,9	4,8
	≥ 2000	2,0	2,4	3,8

II.5. Kapasitas dasar

Persamaan dasar MKJI'97 untuk penentuan kapasitas JBH adalah sebagai berikut:

$$C = C_0 \times FC_w \dots\dots\dots 1)$$

Keterangan:

C adalah kapasitas (smp/jam),

C_0 adalah kapasitas dasar (smp/jam),

FC_w adalah faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas.

Untuk JBH, MKJI'97 masih menggunakan faktor penyesuaian pemisahan arah (FSP) yang hanya berlaku tipe JBH 2/2TT dan 4/2TT. Tipe ini kedepan tidak dipakai lagi, sehingga rumus kapasitasnya seperti di atas, nilai kapasitas dasar dikoreksi jika ada perbedaan lebar jalur lalu lintas dari lebar bakunya.

Pengkinian kapasitas hanya akan merevisi C_0 . Kapasitas dasar ditetapkan secara empiris dari hubungan dasar antara kecepatan dengan arus. Hubungan tersebut diuraikan sebagai berikut:

Prinsip umum yang mendasari analisa kapasitas ruas jalan adalah bahwa kecepatan berkurang bila kerapatan arus bertambah. Kapasitas ditentukan pada kondisi kombinasi kecepatan dan kerapatan yang memberikan arus yang terbesar. Pengurangan kecepatan akibat penambahan kerapatan arus mendekati konstan pada arus rendah dan menengah, tetapi menjadi lebih besar pada arus yang mendekati kapasitas. Pada kondisi arus yang

mendekati kapasitas, sedikit penambahan arus akan menyebabkan pengurangan kecepatan yang besar. Hubungan matematis yang menjelaskan fenomena ini pada jalan berlajur banyak dapat diperoleh dengan menggunakan model "Rezim Tunggal", seperti:

Greendshields (1934):

$$v = v_B - \left(\frac{v_F}{k_J} \right) k$$

Dan MKJI'97 mengadopsi bentuk yang serupa tapi tak sama:

$$v = v_B \left[1 - \left(\frac{k}{k_J} \right)^{(L-1)} \right]^{\left(\frac{1}{1-m} \right)}$$

$$\frac{k_0}{k_J} = \left[\frac{1-m}{L-m} \right]^{\left(\frac{1}{L-m} \right)}$$

keterangan:

v = kecepatan arus (smp), km/jam

v_B = Kecepatan arus bebas (km/jam)

k = Kerapatan (smp/km), dihitung sebagai

Q/V

k_J = Kerapatan pada saat jalan macet total

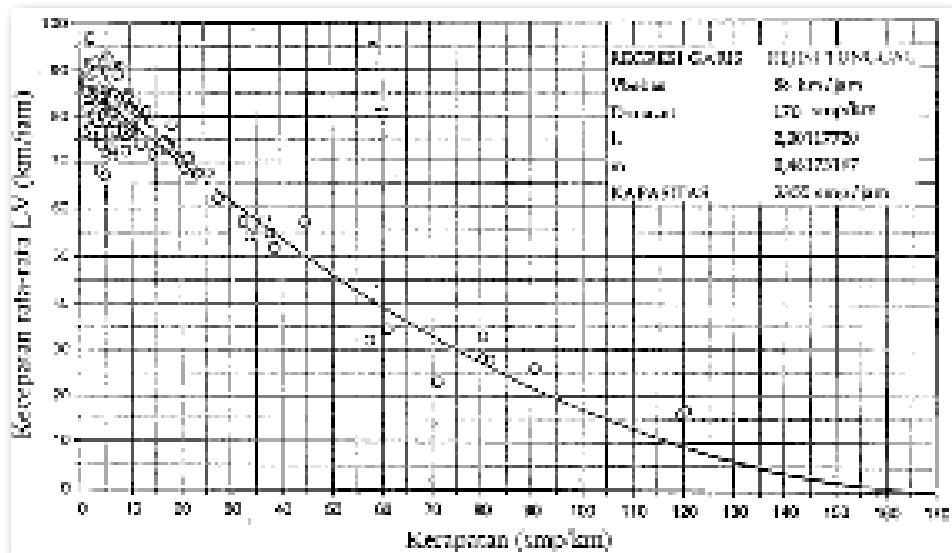
k_0 = Kerapatan pada saat kapasitas

L dan m = Konstanta

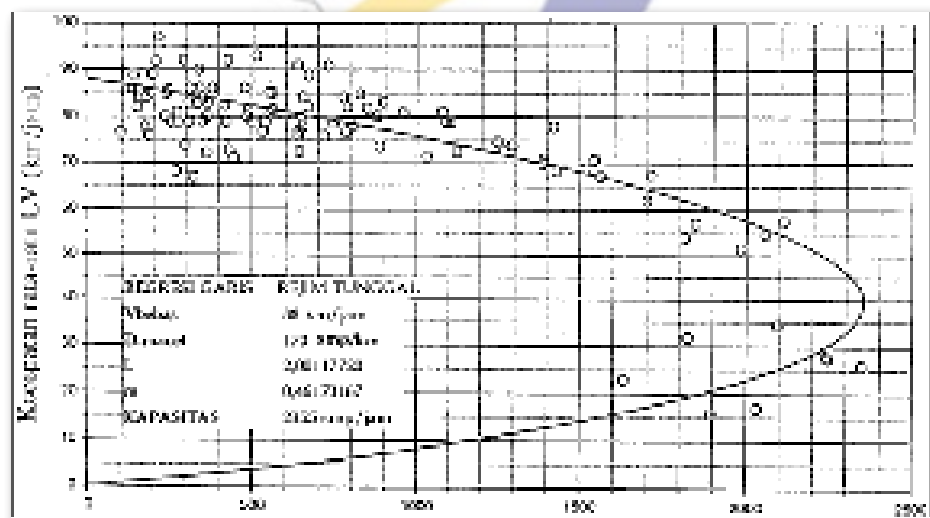
Bentuk lain dapat berupa hubungan yang non linear seperti model yang dikembangkan oleh Greenberg (1955) atau oleh Underwood (1961).

Untuk JBH 4/2T hubungan kecepatan arus seringkali mendekati linier dan dapat digambarkan dengan

model linier yang sederhana seperti di atas. MKJI'97 memplot hubungan khas antara $k-v$ seperti dalam gambar berikut. Kurva hubungan tersebut yang kemudian dianalisis untuk merumuskan kapasitas dasar (lihat tabel berikut).



Gambar 1. Hubungan kecepatan vs kerapatan untuk JBH tipe 4/2T.



Gambar 2. Hubungan kecepatan vs arus untuk JBH tipe 4/2TT.

Tabel 4. Kapasitas Dasar Ruas Jalan Bebas Hambatan

Tipe Jalan 4-lajur 2-Arah Terbagi atau lebih: 4/2T dan 6L2A-T	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Catatan
Datar	2300	Per Lajur
Bukit	2250	Per Lajur
Gunung	2150	Per lajur

Nilai kapasitas dasar pada table diatas merupakan fokus pengkinian kapasitas jalan untuk JBH. Diperkirakan nilai kapasitas dasar tersebut akan “bergeser” sehubungan dengan meningkatnya populasi kendaraan terutama kendaraan yang baru dengan mesin dan sistem rem serta berat kendaraan yang mungkin dapat menyebabkan kendaraan bergerak lebih responsive, lebih cepat dan memperpendek headway dalam kondisi arus kapasitas. Disamping itu, jumlah sepeda motor yang meningkat tajam, akan meningkatkan juga nilai arus (dalam satuan kend./jam).

II.6. Pendekatan empiris dalam menetapkan Emp dan Kapasitas dasar

Pendekatan empiris untuk penetapan nilai ekr bagi 3 jenis pengelompokan kendaraan, dapat dilakukan dengan 4 pendekatan sebagai berikut (lihat Naskah ilmiah I, 2011):

- 1) berdasarkan pendekatan Kecepatan arus lalu lintas,
- 2) berdasarkan pendekatan Kapasitas jalan,
- 3) berdasarkan pendekatan celah waktu (time headway), dan
- 4) berdasarkan pendekatan penempatan ruang lajur jalan oleh kendaraan.

Pendekatan pertama lebih cocok untuk sifat arus yang masih “lengang”. Idealnya arus masih memiliki celah waktu antara >9 detik. Kondisi arus ini adalah kecepatan bebas, dimana kendaraan-kendaraan dalam arus tidak saling mempengaruhi kecepatannya.

Pendekatan kedua, cocok digunakan untuk kondisi arus yang lebih padat dari kondisi tersebut pada pendekatan kecepatan. Celah waktu antar kendaraan mencapai < 9 detik sampai dengan arus mendekati kapasitasnya atau memiliki celah waktu paling kecil sekitar satu detik atau bahkan lebih kecil, misal 0,9 detik. Pendekatan kapasitas cocok untuk digunakan pada ruas jalan di lingkungan perkotaan dimana kerapatan arusnya lebih tinggi dibandingkan dengan di luar kota dan pengguna jalan banyak yang kurang berdisiplin seperti berjalan tidak dalam lajur jalan yang disediakan tetapi sering berada di atas garis marka pembagi lajur atau menggunakan bahu jalan sehingga arus tidak lagi bergerak dalam satu garis antrian.

Pendekatan ketiga yang berdasarkan celah waktu, cenderung digunakan untuk jalan-jalan antar

kota dimana kendaraan berjalan beriringan mengikuti satu garis lurus sehingga celah-waktunya jelas. Secara ideal, pendekatan Celah Waktu dipandang kurang sesuai dengan kondisi lalu-lintas di perkotaan karena pada umumnya kendaraan di kawasan perkotaan berjalan tidak pada satu garis lurus pada lajur lalu-lintasnya dan sering dijumpai sepeda motor yang banyak berkelompok didalam suatu arus lalu-lintas (tidak beriringan), sehingga sangat sulit untuk menentukan celah waktu antara dua sepeda motor yang beriringan.

Pendekatan keempat berdasarkan penempatan ruang lajur jalan oleh kendaraan-kendaraan (lihat Naskah Ilmiah I, 2011) merupakan cara alternatif pada kondisi arus dimana perilaku kendaraan-kendaraan dalam arus sulit diidealisasikan dalam bentuk single rezim, seperti sepeda motor dalam arus perkotaan. Cara ini cenderung menghasilkan nilai ekr yang konsisten untuk kondisi lalu lintas di segmen-segmen jalan perkotaan.

Mengevaluasi tingginya arus sepeda motor, adalah hal yang sulit untuk dapat menganalisa ekr, terutama pada kondisi sepeda motor yang bergerak bergerombol sehingga pendekatan “single rezim”, dimana kendaraan-kendaraan dianggap berjalan beriringan dalam satu lajur secara teratur, menjadi suatu asumsi idealisasi arus yang tidak sesuai dengan kondisi lalu lintas di Indonesia.

Membandingkan dengan asumsi 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 ditetapkan 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 emp, sepeda motor memiliki nilai emp.
- 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 tersebut menjadi topik penelitian selanjutnya. Perlu ditelaah untuk menetapkan batas arus lalu lintas sepeda motor antara sepeda motor dianggap sebagai bagian dari arus lalu lintas dan sepeda motor dianggap sebagai hambatan samping bukan sebagai bagian dari arus lalu lintas.

II.7. Ringkasan kajian literatur

Dari kajian literatur di atas, dapat diringkaskan sebagai berikut:

- 1) Tipe fasilitas jalan yang menjadi topik pengkinian ekr dan C_0 JBH, adalah tipe JBH 4/2T.
- 2) Metoda penurunan ekr menggunakan:
 - a. pendekatan kecepatan untuk arus yang masih lengang,
 - b. pendekatan kapasitas untuk arus yang padat,
 - c. pendekatan celah waktu untuk kondisi arus yang “masih” beriringan, dan
 - d. pendekatan penempatan ruang lajur jalan oleh kendaraan.
- 3) Penetapan kapasitas ditetapkan melalui pendekatan matematis, menggunakan model hubungan k-v yang linear maupun yang non-linear.





BAB III

Metodologi

Metodologi untuk menetapkan data, ekr, dan C_0 adalah sebagai berikut.

- 1) Pengumpulan data. Data arus untuk mengkinikan ekr dan C_0 dikumpulkan di segmen-segmen jalan Tol, menggunakan alat TrafiCam Collect-R dan perekaman Video seperti diuraikan dalam kajian literatur. Data harus merepresentasikan arus lalu lintas JBH di Indonesia.
- 2) Ekr ditetapkan berdasarkan data yang terkumpul sebagaimana diuraikan dalam 1), kemudian dianalisis berdasarkan pendekatan kecepatan, kapasitas, dan penempatan ruang jalan oleh kendaraan.
- 3) C_0 ditetapkan berdasarkan data arus yang dikumpulkan menggunakan alat TrafiCam Collect-R setelah dikonversi satuan arusnya dari kendaraan per 5 menit menjadi skr

per jam. Pendekatan matematis untuk mendapatkan hubungan dasar k-v dilakukan, baik untuk asumsi linear maupun untuk asumsi non-linear. Nilai C_0 ditetapkan dari nilai maksimum perkalian k dan v, dalam satuan skr per jam, baik untuk anggapan linear maupun untuk anggapan non linear, tergantung kepada dispersi data yang diperoleh.

- 4) Baik nilai ekr maupun nilai C_0 dibandingkan nilainya dengan nilai MKJI'97 untuk mengevaluasi perubahannya.

Pengumpulan data arus lalu lintas dilakukan dengan 2 cara:

1. Untuk perhitungan lalu lintas digunakan alat TrafiCam Collect R dengan detektor camera videoyang dilengkapi pengolah images berupa software virtual loop telah yang terpasang dalam alat (builtin), 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.

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

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. Nilai representatif pengukuran statis ini, untuk jenis KR, KS, KB, dan SM, menjadi data input untuk setting TrafficCam Collect-R sebagai dasar alat tersebut melakukan klasifikasi jenis kendaraan.

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 menggunakan TraciCam Collect R. Rekaman ini disiapkan untuk dikompilasi menggunakan Video Image Processor (VIP) untuk mendapatkan ulang data arus dengan klasifikasi yang lebih rinci.





BAB IV

Hasil dan Analisis

IV.1. Data

Pengumpulan data arus, sebagaimana diuraikan metodologi di atas, dilakukan di segmen-segmen jalan tol terpilih, segmen lurus, dan memungkinkan penempatan kamera, yang masing-masing di 15 ruas jalan tol seperti ditunjukkan dalam Tabel 4. Pengumpulan data menghasilkan data arus jalan tol gabungan sebanyak 3041 set arus untuk lajur kiri dan 3400 set arus untuk lajur kanan, masing-masing per interval 5 menit yang dikonversi menjadi arus dalam satuan kendaraan per jenis per jam.

Tabel 5. Lokasi pengumpulan data arus lalu lintas JBH, 2011

Ruas jalan Tol
1. Jalan Tol Camareng Km 5,4, DKI Jakarta.
2. Jalan Tol Camareng Km 12, DKI Jakarta.
3. Jalan Tol JORR—Cikunir Km 26,4, DKI Jakarta.
4. Jalan Tol Jakarta Cikampek Km 38
5. Jalan Tol Jakarta Cikampek Km 56,2
6. Jalan Tol Tangerang- Merak Km 68,75, Banten
7. Jalan Tol Tangerang- Merak Km 94,50, Banten
8. Jalan Tol Padaleunyi Km 133,40, Bandung
9. Jalan Tol Padaleunyi Km 151,80, Bandung
10. Jalan Tol Palikanci, Km 218,60, Cirebon
11. Jalan Tol Kota Semarang
12. Jalan Tol kota Surabaya-Gempol
13. Jalan Tol kota Surabaya-Porong
14. Jalan Tol kota Belmera – Medan
15. Jalan Tol kota Ir. H Sutami, Makassar.

IV.2. Nilai ekr

Dari hasil pengolahan data menggunakan pendekatan kecepatan, kapasitas, dan multiple linear regressi, serta pendekatan penempatan ruang lajur jalan oleh kendaraan-kendaraan, diperoleh hasil sebagai berikut.

Berdasarkan pendekatan kecepatan diperoleh hubungan antara v versus q_{KR} , q_{KS} , q_{KB} yang diturunkan dengan cara regressi berganda dalam tabel 5 di bawah ini. Dari persamaan tersebut dihitung V_B , dan ekr untuk masing-masing jenis kendaraan.

Tabel 6. Persamaan regresi, R^2 , V_B , dan ekr hasil regresi untuk lalu lintas dalam lajur kiri JBH, untuk kondisi lengang ($v > 60$ Km/jam dan $k < 6$ kend./Km).

$v = 94,93 - 0,01054 q_{KR} - 0,03802 q_{KS} - 0,07349 q_{KB}$	
R Square	0.25
$V_B =$	95.90
ekr_{KR}	1
ekr_{KS}	3.61
ekr_{KB}	6.97

Hasil tersebut, masih belum memuaskan karena persamaan tersebut hanya menjelaskan sekitar 25% disperse data terhadap nilai v . Pendekatan kapasitas memberikan persamaan regresi dan nilai ekr sebagaimana dalam Tabel 6.

Tabel 7. Persamaan regresi, R^2 , q (lengang), dan ekr untuk lalu lintas pada lajur kiri, dan kondisi lalu lintas lengang hasil analisis

$q_{KR} = 119,85 - 0,19292 q_{KS} - 0,26270 q_{KB}$	
R Square	0.034543
V_B	119.85
ekr_{KR}	1,00
ekr_{KS}	0.19
ekr_{KB}	0.26

Berdasarkan pendekatan pemanfaatan ruang lajur jalan oleh kendaraan diperoleh nilai ekr sebagai berikut.

Tabel 8. Nilai ekr JBH4/2T berdasarkan penempatan kendaraan oleh kendaraan

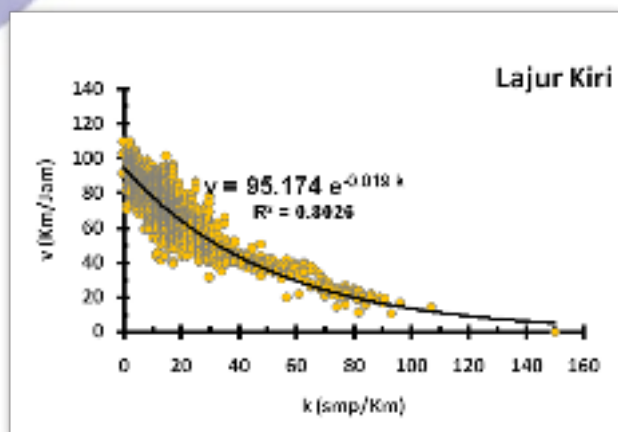
Kondisi lalu lintas	ekr		
	KR	KS	KB
Lengang, $q < 400$	1.00	3.00	3.00
Sedang, $400 \leq q < 800$	1.00	1.66	3.50
Padat, $q \geq 1600$	1.00	1.33	2.00

Mengevaluasi nilai ekr berdasarkan ketiga pendekatan diatas, dipertimbangkan nilai ekr yang representative sebagai hasil akhirnya sebagai berikut:

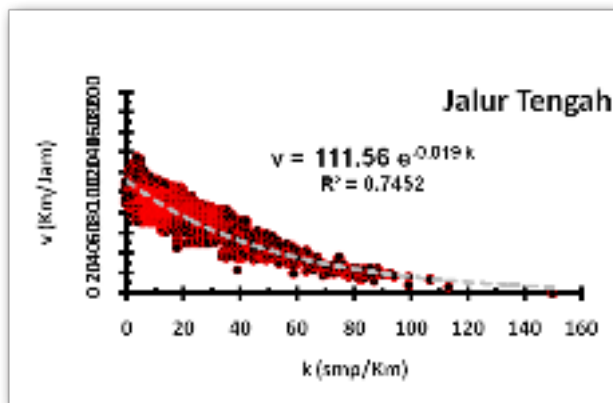
Tabel 9. Ekr untuk JBH tipe 4/2T

Tipe alinyemen	Arus per lajur (kend/jam)	ekr	
		KS	BB& TB
Datar	<400	3,00	5,00
	400-800	1,66	3,50
	>800	1,33	2,00

Dengan menggunakan nilai-nilai ekr seperti tersebut diatas, dilakukan perhitungan konversi data dari satuan kend.jam ke satuan skr per jam. Data hasil konversi, diplot untuk mendapatkan gambaran tentang dispersi data antara k versus v . Plot tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Plot data v - k untuk lajur kiri JBH.



Gambar 4. Plot data v-k untuk lajur kanan JBH

Dapat dilihat bahwa dispersi data v-k menunjukkan kecenderungan “non-linear” dan model persamaan regresi mengikuti negative eksponensial yang memberikan penjelasan dispersi data yang cukup baik (80% dan 75%).

Dari hubungan tersebut dapat disimpulkan besarnya V_b adalah 95Km/jam untuk lajur kiri dan 112Km/jam untuk lajur kanan.

Hubungan tersebut memberikan nilai C_0 sebesar 2400 skr/jam untuk lajur kiri dan 2500 ekr/jam untuk lajur kanan. Nilai ini lebih besar dari nilai C_0 MKJI’97 sebesar. Terdapat kenaikan nilai kapasitas sekitar 4%.

Dari analisis diatas, dapat disimpulkan nilai kapasitas dasar JBH seperti dalam Tabel berikut.

Tabel 10. Kapasitas Dasar Ruas Jalan Bebas Hambatan

Tipe Jalan 4/2T; 6/2T; 8/2T	Kapasitas Dasar (skr/jam)	Catatan
Alinemen DATAR	2400	Per Lajur
	2500	Per Lajur

BAB V

Kesimpulan dan Saran

V.1. Kesimpulan

Dari uraian di atas dapat disimpulkan:

- 1) Nilai ekr untuk JBH mengalami perubahan. Nilai yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan nilai MKJI'97. Nilai ekr dapat dilihat pada table 4.
- 2) Nilai Kapasitas dasar JBH mengalami kenaikan sebesar 4%.

V.2. Saran

- 1) Pemodelan ekr sepeda motor perlu dikaji lebih jauh dengan anggapan bahwa sepeda motor sebagai hambatan samping seperti anggapan yang diberlakukan untuk kendaraan fisik.
- 2) Nilai ekr untuk kondisi alinemen jalan gunung dan Bukit, agar diteliti, apakah juga mengalami perubahan.

PUSJATAN

Daftar Pustaka

- Antono SP, Davey K, Efi Novara (2009): "Pengkinian MKJI". 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 Jenderal Bina Marga (DJB), 2009: "Pemanfaatan dan usulan pengkinian MKJI, beberapa pokok pikiran dalam rangka pemutahiran MKJI". Makalah disajikan dalam workshop permasalahan MKJI'97, 14 May 2009, Pusjatan, Bandung.
- DJB, 1997: "Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)". Final Report tertanggal 25 Februari 1997 dari konsultan Sweroad yang bekerja sama dengan PT Bina Karya (persero) kepada Direktorat Bina Jalan Kota - DJB, Jakarta.
- Direktorat Lalu-lintas dan Angkutan Jalan (DLAJ), 2009: "Pemanfaatan dan usulan pengkinian MKJI, beberapa pokok pikiran dalam rangka pemutahiran MKJI". Makalah disajikan dalam workshop permasalahan MKJI'97, 14 May 2009, Pusjatan, Bandung.
- Erwin K, dkk., 2009: "Pengkinian Manual Kapasitas Jalan Indonesia". Laporan penelitian Balai Teknik Lalu-lintas dan Lingkungan Jalan, tahun anggaran 2009 Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Hikmat Iskandar, 2012. "Naskah Ilmiah I: Ekuivalen kendaraan ringan dan kapasitas dasar jalan perkotaan". Draft naskah ilmiah, Pusjatan, Bandung.
- Greenberg, H., 1959. An analyses of traffic flow. Operation Research 7.
- Greenshields, 1935: "A study of traffic capacity". Proceeding Highways Research Board 14 pp.448-74.
- 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), 2011: "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.19/PRT/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Persyaratan Perencanaan Teknis Jalan".
- PRI, 2009: "Undang-undang Republik Indonesia nomor 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan"
- PRI, 2006: "Peraturan Pemerintah nomor 34 tahun 2006 tentang jalan"
- PRI, 2004: "Undang-undang Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004 tentang jalan"
- SWEROAD in Assoc. 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.
- SWEROAD bekerja sama dengan PT Bina Karya (Persero), 1997: "Manual Kapasitas Jalan Indonesia". Direktorat Bina Kota, Direktorat Jenderal Bina Marga (Laporan konsultan yang tidak diterbitkan), Jakarta Februari 1997.
- Underwood, R.T., 1961. Speed, volume and density relationships. Quality and theory of traffic flow. Yale Bureau of Highway, 1961.

LAMPIRAN

SUMMARY OUTPUT untuk Lajur Kiri kecepatan tinggi $V > 70$ kerapatan rendah $k < 6$

Regression Statistics								
Multiple R	0.501449							
R Square	0.251451							
Adjusted R Square	0.246951							
Standard Error	7.940914							
Observations	503							
ANOVA								
	Df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	3	10569.98	3523.328	55.8743	3.74E-31			
Residual	499	31466	63.05812					
Total	502	42035.98						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	95.87934	1.074608	89.22259	0	93.76803	97.99065	93.76803	97.99065
qKR	-0.01054	0.005778	-1.82462	0.068656	-0.0219	0.00081	-0.0219	0.00081
qKS	-0.03802	0.005997	-6.34023	5.14E-10	-0.0498	-0.02624	-0.0498	-0.02624
qKB	-0.07349	0.006378	-11.5226	2.11E-27	-0.08603	-0.06096	-0.08603	-0.06096

SUMMARY OUTPUT OUTPUT untuk Lajur Kanan kecepatan tinggi $V > 70$ kerapatan rendah $k < 6$

Regression Statistics

Multiple R	0.185858
R Square	0.034543
Adjusted R Square	0.029752
Standard Error	65.23132
Observations	406

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	2	61354.76	30677.38	7.209514	0.000839
Residual	403	1714815	4255.125		
Total	405	1776170			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	119.8543	8.653609	13.85021	5.91E-36	102.8424	136.8662	102.8424	136.8662
qKS	-0.19292	0.05906	-3.26648	0.001182	-0.30902	-0.07681	-0.30902	-0.07681
qKB	-0.2627	0.113256	-2.3195	0.020867	-0.48534	-0.04005	-0.48534	-0.04005