

KAJIAN TENTANG HUBUNGAN KECEPATAN, VOLUME DAN KEPADATAN MENGGUNAKAN METODE BELL (STUDI KASUS JALAN PAJAJARAN, SUKASARI-BARANANG SIANG)

Ujang Sulaeman, Rulhendri, Syaiful

jhe2511@gmail.com, rulhendri@ft.uika-bogor.ac.id, syaiful@ft.uika-bogor.ac.id

Program studi Teknik Sipil FT Universitas Ibn Khaldun Bogor

ABSTRAK

KAJIAN TENTANG HUBUNGAN KECEPATAN, VOLUME DAN KEPADATAN MENGGUNAKAN METODE BELL (STUDI KASUS JALAN PAJAJARAN, SUKASARI-BARANGSIANG). Semakin meningkatnya kebutuhan manusia, mengakibatkan terjadinya peningkatan pergerakan manusia untuk memenuhi kebutuhan dalam beraktivitas dan otomatis memerlukan alat transportasi untuk mencapai tempat beraktivitas seperti kantor, sekolah, dan pusat perbelanjaan sehari-hari. Untuk kelancaran transportasi maka kinerja ruas jalan harus baik, kinerja simpul dan ruas dapat diketahui berdasarkan arus lalu lintas ($Flow/V$), kerapatan kendaraan ($Density / Konsentrasi / D$) dan kecepatan ($Speed / Us$). Ketiga variabel lalu lintas tersebut semakin hari semakin mendapat perhatian khusus dimana kesemuanya ini disebabkan penambahan pendapatan seiring peningkatan kepemilikan kendaraan dan arus urbanisasi mengakibatkan peningkatan arus lalu lintas. Jalan Pajajaran merupakan jalan dengan status jalan nasional dan fungsi jalan merupakan arteri primer yang minimal akses yang mengutamakan kecepatan dan kelancaran. Karakteristik arus dan hubungan antara kecepatan, volume serta kepadatan yang terjadi di jalan Pajajaran sangat menarik untuk diteliti. Pengambilan data jalan Pajajaran diambil penggal arah dari Sukasari menuju arah Baranang Siang, dengan kondisi sangat bervariasi dari lenggang sampai kondisi sangat rapat. Hubungan antara kecepatan, kepadatan dan volume lalu lintas ini dengan menggunakan metode Bell. Hubungan matematis nilai korelasi yang berkisar antara $-0,79$ - $-0,96$, dari grafik juga dapat dilihat data tersebar. Kondisi di jalan antara kecepatan dan kepadatan sangat saling mempengaruhi pada kondisi lenggang sampai padat. Mendapatkan nilai kecepatan dan kepadatan mendekati nol, dimana nilai kecepatan pada hari senin berkisar antara 26 - 30 km/jam, sedangkan untuk kepadatan berkisar antara 152 - 232 smp/km, hari sabtu untuk kecepatan arus bebas berkisar antara 27 - 32 km/jam, sedangkan untuk kepadatan maksimal berkisar antara 177- 254 smp/jam, untuk hari minggu kecepatan arus bebas berkisar antara 34 - 36 km/jam, sedangkan untuk kepadatan maksimal berkisar antara 152 - 161, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk hari senin kondisi lalu lintas ruas jalan pajajaran dari arah sukasari menuju arah baranang siang mengalami kemacetan pada waktu-waktu tertentu.

Kata kunci: Variabel volume, kecepatan, dan kepadatan

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin meningkatnya kebutuhan manusia, mengakibatkan terjadinya peningkatan pergerakan manusia untuk memenuhi kebutuhan dalam beraktivitas dan otomatis memerlukan alat transportasi untuk mencapai tempat beraktivitas seperti kantor, sekolah, dan pusat perbelanjaan sehari-hari. Untuk kelancaran transportasi maka kinerja ruas jalan harus baik, kinerja simpul dan ruas dapat diketahui berdasarkan arus lalu lintas ($Flow/V$), kerapatan kendaraan ($Density / Konsentrasi / D$) dan kecepatan ($Speed / Us$). Ketiga variabel lalu lintas tersebut semakin hari semakin mendapat perhatian khusus dimana kesemuanya ini disebabkan arus/kondisi lalu lintas yang ada sekarang menggambarkan berapa banyak kendaraan yang bergerak pada saat bersamaan. Dan semenjak hubungan dari ketiga variabel tersebut menggambarkan kualitas dari

kapasitas dan tingkat pelayanan yang dialami oleh pengemudi masing-masing kendaraan. (Martin and Brian, 1967). Greenshields (Wohl and Martin, 1967; Pignataro, 1973; Salter, 1978, dan Hobbs, 1979) Hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan diasumsikan merupakan fungsi eksponensial oleh Bell.

Jalan Pajajaran merupakan jalan dengan status jalan Nasional dan fungsi jalan merupakan arteri primer yang minimal akses yang mengutamakan kecepatan dan kelancaran pengguna jalan tersebut. Karakteristik arus dan hubungan antara kecepatan, volume serta kepadatan yang terjadi di jalan Pajajaran sangat menarik untuk diteliti. Pengambilan data jalan Pajajaran diambil penggal arah dari Sukasari menuju arah Baranang Siang dengan kondisi sangat bervariasi dari lenggang sampai kondisi sangat rapat.

1.2 Rumusan Masalah

Dari pemaparan latar belakang masalah seperti diatas, maka dapat dirumuskan masalah bagaimana karakteristik arus lalu lintas jalan Pajajaran arah Sukasari menuju Baranang Siang melalui hubungan antara kecepatan, kepadatan dan volume lalu lintas dengan menggunakan metode Bell.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang akan dilaksanakan mempunyai tujuan yang ingin dicapai, yaitu diantaranya adalah:

- 1) Mendapatkan hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan, Volume-Kecepatan, dan Volume-Kepadatan,
- 2) Mendapatkan nilai kecepatan arus bebas dan kepadatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan melakukan analisis ini maka hasilnya dapat digunakan untuk perencanaan perancangan dan penentuan kebijakan sistem dalam bidang transportasi.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Karakteristik arus lalu lintas sangat perlu dipelajari dalam menganalisis arus lalu lintas. Untuk dapat mempresentasikan

karakteristik arus lalu lintas dengan baik, dikenal 3(tiga) parameter utama yang harus diketahui, dimana ketiga parameter tersebut saling berhubungan secara matematis satu dengan lainnya, yaitu (Wohland Martin, 1967; Pignataro, 1973; Salter, 1978; Hobbs, 1979;Tamin, 1992e):

- 1) Arus (Volume) lalu lintas, dinyatakan dengan notasi V adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dalam suatu ruas jalan tertentu dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam.
- 2) Kepadatan (Density) lalu lintas, dinyatakan dengan notasi D adalah jumlah kendaraan yang berada dalam satu satuan panjang jalan tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/km.
- 3) Kecepatan (speed) lalu lintas, dinyatakan dengan notasi S adalah jarak yang dapat ditempuh dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan km/jam.

Analisis karakteristik arus lalu lintas untuk suatu ruas jalan dapat dilakukan dengan mempelajari hubungan matematis antara kecepatan, arus, dan kepadatan lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan tertentu. Hubungan matematis antara kecepatan, arus, dan kepadatan dapat dinyatakan dengan persamaan (1) :

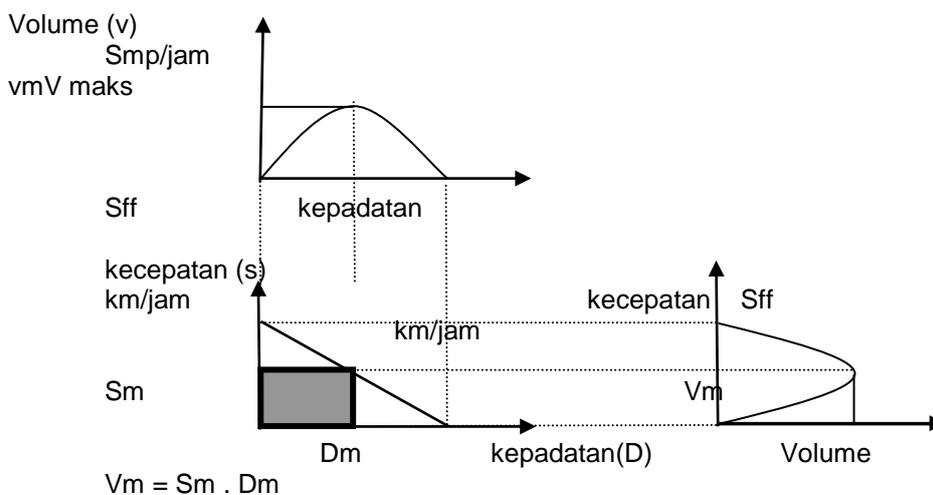
$$V = D \cdot S \dots\dots\dots(1)$$

$$S = \frac{V}{D} \dots\dots\dots(2)$$

$$D = \frac{V}{S} \dots\dots\dots(3)$$

Hubungan matematis antar parameter tersebut dapat juga dijelaskan dengan menggunakan Gambar 2.1 yang memperlihatkan bentuk umum hubungan

matematis antara Kecepatan-Kepadatan (S-D), Arus-Kepadatan (V-D), Arus-Kecepatan (V-S).



Gambar 1. Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan

Selain itu, pada kondisi kepadatan 0 (nol), kendaraan akan bebas memilih kecepatannya sesuai dengan kondisi ruas jalan yang ada, yang dikenal dengan kecepatan arus bebas (S_{ff}).

Apabila kepadatan meningkat dari nol, maka kecepatan akan menurun sedangkan arus lalu lintas akan meningkat. Apabila kepadatan terus meningkat, maka akan dicapai suatu kondisi dimana peningkatan kepadatan tidak akan meningkatkan arus lalu lintas, malah sebaliknya akan menurunkan arus lalu lintas (lihat gambar1). titik maksimum arus lalu lintas tersebut dinyatakan sebagai kapasitas arus.

Gambar1 juga memperlihatkan beberapa parameter penting arus lalu lintas lainnya yang dapat didefinisikan sebagai berikut:

V_M = kapasitas atau arus maksimum (kendaraan/jam)

S_M = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (kendaraan/km)

D_M = kepadatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (kendaraan/km)

D_j = kepadatan pada kondisi arus lalu lintas macet total (kendaraan/km)

S_{ff} = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan

mendekati 0 (nol) atau kecepatan arus bebas (km/jam)

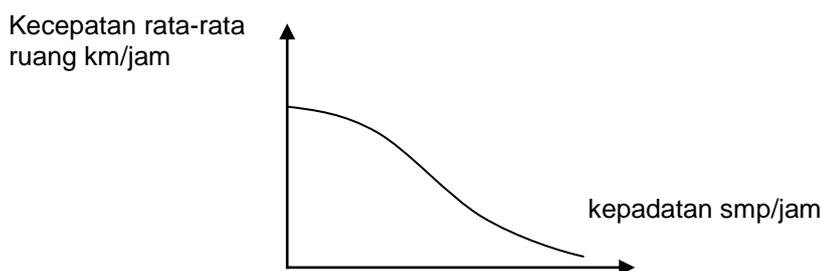
Kecepatan arus bebas (S_{ff}) tersebut tidak dapat diamati di lapangan karena

$$S = S_{ff} \cdot e^{-0.5 \left(\frac{D}{D_M} \right)^2} \dots\dots\dots(4)$$

Di mana: S_{ff} = kecepatan arus bebas

D_M = kepadatan pada kondisi volume maksimum (kapasitas)

Adapun grafik yang dihasilkan dalam metode Bell sebagai berikut:



Gambar 2. Hubungan Kecepatan-Kepadatan Bell Model

Jika persamaan (4) dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka persamaan (4) dapat dinyatakan kembali sebagai persamaan (5), sehingga hubungan matematis antara

$$\ln S = \ln S_{ff} - \frac{D^2}{2D_M^2} \dots\dots\dots(5)$$

Selanjutnya, hubungan matematis antara Volume-Kecepatan (V-S) dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (1),

kondisi tersebut terjadi pada saat tidak ada kendaraan ($D=0$). Nilai kecepatan arus bebas bisa didapatkan secara matematis yang diturunkan dari hubungan matematis antara Arus-Kecepatan yang terjadi di lapangan. Data yang bisa dikumpulkan di lapangan dengan melakukan survey lalu lintas adalah arus dan kecepatan lalu lintas. Lalu lintas yang lewat bermacam-macam jenisnya sehingga data arus lalu lintas tersebut harus pula dinyatakan dalam satu satuan tertentu lainnya, yaitu satuan mobil penumpang (smp).

Ada 4 (empat) jenis model yang telah digunakan untuk mempresentasikan hubungan matematis antara ketiga parameter tersebut, yaitu:

- 1) Model Greenshields
- 2) Model Greenberg
- 3) Model Underwood
- 4) Model Bell

Adapun dari ke 4 (empat) model tersebut, model Bell yang akan digunakan untuk menganalisis hubungan kecepatan, volume, dan kepadatan lalu lintas pada Jalan Pajajaran, dari arah Sukasari menuju arah Baranang Siang.

2.2 Model Bell

Bell mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kecepatan-Kepadatan (S-D) bukan merupakan fungsi linear, melainkan fungsi eksponensial, sebagaimana dinyatakan melalui persamaan berikut:

Kecepatan-Kepadatan (S-D) selanjutnya dapat juga dinyatakan dengan persamaan (5).

dan dengan memasukkan persamaan (2) ke persamaan (4) bisa diturunkan persamaan (6) - (7)

$$\frac{V}{D} = S_{ff} \cdot e^{-0,5\left[\frac{D}{D_M}\right]^2} \dots\dots\dots(6)$$

$$V = DS_{ff} \cdot e^{-0,5\left[\frac{D}{D_M}\right]^2} \dots\dots\dots(7)$$

Persamaan (7) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Volume-Kepadatan (V-D).

Kondisi volume maksimum (V_M) bisa didapat pada saat kepadatan D=D_M. Dengan

$$V_M = \frac{D_M S_{ff}}{e^{0,5}} \dots\dots\dots(8)$$

Selanjutnya, hubungan matematis antara Volume-Kecepatan (V-S) dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan

$$\frac{D^2}{2D_M^2} = Ln \frac{S_{ff}}{S} \dots\dots\dots(9)$$

$$D^2 = 2D_M^2 Ln \frac{S_{ff}}{S} \dots\dots\dots(10)$$

$$\left[\frac{V}{S}\right]^2 = 2D_M^2 Ln \frac{S_{ff}}{S} \dots\dots\dots(11)$$

$$V^2 = 2S^2 D_M^2 Ln \frac{S_{ff}}{S} \dots\dots\dots(12)$$

$$V = \sqrt{2} S D_M \left(Ln \frac{S_{ff}}{S} \right)^{0,5} \dots\dots\dots(13)$$

Persamaan (13) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Volume-Kecepatan (V-S).

memasukkan nilai DM ke persamaan (7), maka nilai VM bisa didapat seperti terlihat dalam persamaan (8)

dasar (1), dan selanjutnya dengan memasukkan persamaan (3) ke persamaan (5), bisa diturunkan persamaan (9) – (13).

Kondisi volume maksimum (VM) bisa didapat pada saat kecepatan S=SM. Nilai S=SM bisa didapat melalui persamaan (14) – (20).

$$\frac{\partial V}{\partial S} = 0,5 \left(2S^2 D_M^2 Ln \frac{S_{ff}}{S_M} \right)^{-0,5} \left(4D_M^2 S_M Ln \frac{S_{ff}}{S_M} - 2D_M^2 S_M \right) = 0 \dots\dots\dots(14)$$

$$\left(4D_M^2 S_M Ln \frac{S_{ff}}{S_M} - 2D_M^2 S_M \right) = 0 \dots\dots\dots(15)$$

$$2D_M^2 S_M \left(2Ln \frac{S_{ff}}{S_M} - 1 \right) = 0 \dots\dots\dots(16)$$

$$\left(2Ln \frac{S_{ff}}{S_M} - 1 \right) = 0 \dots\dots\dots(17)$$

$$2Ln \frac{S_{ff}}{S_M} = 1 \dots\dots\dots(18)$$

$$Ln \frac{S_{ff}}{S_M} = 0,5 \dots\dots\dots(19)$$

$$S_M = \frac{S_{ff}}{e^{0,5}} \dots\dots\dots(20)$$

Dengan memasukkan persamaan (20) ke persamaan (12), maka nilai VM bisa didapat seperti terlihat pada persamaan (24).

$$V_M^2 = 2 \frac{S_{ff}^2}{e} D_M^2 \left(Ln S_{ff} - Ln S_{ff} + 0,5 \right) \dots\dots\dots(21)$$

$$V_M^2 = 2 \frac{S_{ff}^2}{e} D_M^2 \cdot 0,5 \dots\dots\dots(22)$$

$$V_M^2 = \frac{S_{ff}^2 D_M^2}{e} \dots\dots\dots(23)$$

$$V_M = \frac{D_M S_{ff}}{e^{0,5}} \dots\dots\dots(24)$$

Sesuai turunan rumus di atas dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 1 Rumus Turunan

Hubungan	Persamaan yang dihasilkan	Hubungan	Persamaan yang dihasilkan
S-D	$S = S_{ff} e^{-0,5\left(\frac{D}{D_M}\right)^2}$	V _M	$V_M = \frac{D_M S_{ff}}{e^{0,5}}$
V-D	$V = DS_{ff} e^{-0,5\left(\frac{D}{D_M}\right)^2}$	S _M	$S_M = \frac{S_{ff}}{e^{0,5}}$
V-S	$V = \sqrt{2} S D_M \left(Ln \frac{S_{ff}}{S} \right)^{0,5}$	D _M	D _M

2.3

Faktor Konversi Kendaraan

Lalu lintas yang ada pada suatu ruas jalan pada kenyataannya tidak

homogen. Aliran lalu lintas yang terjadi merupakan gabungan antara gerakan-gerakan dari moda dengan karakteristiknya

masing-masing. Untuk pemakaian praktis harga-harga Satuan Mobil Penumpang (smp) dari tiap jenis kendaraan digunakan harga standar. Indonesia Highway Capacity Manual part I Urban Road No. 09/T/BNKT/1993 memberikan harga-harga LVU (smp) sebagai berikut :

Tabel 2 Satuan Mobil Penumpang

No	Jenis Kendaraan	SMP
1	Kendaraan Ringan	1.00
2	Kendaraan Berat	1.20
3	Sepeda Motor	0.25
4	Kendaraan tidak Bermotor	0.80

Sumber : Indonesia Highway Capacity Manual No. 09/T/BNKT/1993

2.4 Analisa Regresi

Sudah dikenal bahwa pada suatu model pendekatan arus lalu lintas yang sudah umum digunakan, yaitu dalam menentukan karakteristik hubungan dari

kecepatan dengan kerapatan adalah dengan menggunakan analisa regresi. Hubungan yang linear atas variabel bebas dengan variabel tidak bebas tersebut dituliskan dalam fungsi regresi sebagai berikut :

$$y = a + b.x \dots\dots\dots(25)$$

$$a = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum x \cdot \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(26)$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(27)$$

2.5

Analisa Korelasi

Dari analisa regresi tersebut diatas, maka selanjutnya untuk mengetahui sampai sejauh mana ketepatan fungsi regresi adalah dengan melihat nilai dari koefisien

determinasi (r^2), yaitu suatu besaran yang didapat dengan cara mengkuadratkan nilai koefisien korelasi (r). Nilai koefisien korelasi tersebut dihitung dengan rumus persamaan dibawah ini :

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \dots\dots\dots(28)$$

Kuatnya hubungan antara kedua variabel tersebut (x dan y) dapat dilihat dari besarnya nilai koefisien korelasi (r) tersebut. Besarnya harga r terletak antara $-1 < r < +1$, jika r mendekati harga-harga -1 dan $+1$ maka persamaan regresi yang dihasilkan tersebut adalah kuat, tetapi jika harga r tersebut adalah kuat, tetapi jika harga r tersebut mendekati 0 (nol) maka persamaan regresi yang dihasilkan lemah.

Dengan :

a = konstanta regresi

b = konstanta regresi

x = variabel bebas

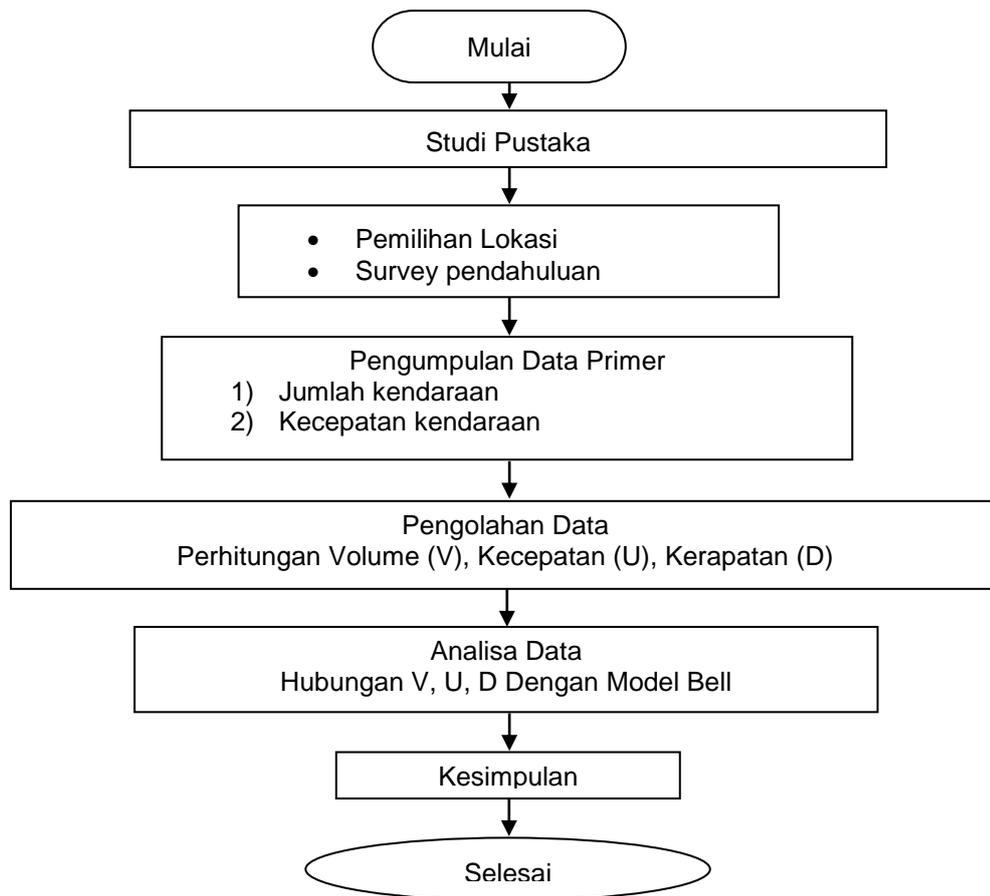
y = variabel tidak bebas

n = jumlah sampel

3 TATA KERJA

3.1 Bagan Tata Kerja

Untuk setiap melakukan kegiatan pekerjaan dan untuk memperlancar kegiatan itu harus dilakukan secara teratur dan dalam bentuk pentahapan yang sistematis, baik sebelum kegiatan tersebut dilakukan yaitu masih dalam bentuk gagasan, perencanaan, pelaksanaan dan pembuatan keputusan. Selanjutnya untuk lebih memperjelas tahapan-tahapan kegiatan penelitian, secara ringkas disajikan kedalam bentuk alur diagram program kegiatan kerja seperti tertera dibawah ini :



Gambar 3. Diagram alir tahap penelitian

3.2

Pemilihan Lokasi

Pemilihan lokasi disini sangat menentukan hasil yang didapat setelah penghitungan. Jadi penentuan tempat sangat penting dilakukan untuk keandalan hasil, sehingga dalam penentuannya ditetapkan ketentuan sebagai berikut :

- 1) Dilakukan pada ruas jalan yang lurus dimana arus lalu lintasnya berupa aliran konstant, pengaruh akibat adanya persimpangan dan gangguan lainnya sekecil mungkin.

- 2) Lebar jalan yang dipakai sebagai pengamatan adalah lebar efektif jalan pada jalur lalu lintas yang tidak terganggu.
- 3) Kondisi lapisan perkerasan (lapisan permukaan) dan geometrik jalannya baik.
- 4) Lalu lintas yang melewatinya bervariasi dalam hal jenis, kecepatan dan ukurannya (kendaraan ringan, dan kendaraan berat).

Dalam penelitian ini ditetapkan lokasi yang dipilih adalah Jalan Pajajaran penggal Sukasari menuju Baranang Siang.



Gambar 4. Peta Lokasi Pengambilan Data

Seperti topik penelitian, observasi memerlukan peralatan yang dipakai untuk pengambilan data, peralatan tersebut adalah :

- 1) Pita ukur, digunakan untuk mengukur panjang jalan yang dibutuhkan untuk pengamatan.

- 2) Stop Watch, digunakan untuk hal yang berkaitan dengan pencatatan waktu tempuh kendaraan.
- 3) Alat hitung secara manual (counter), yaitu alat untuk menghitung banyaknya kendaraan yang lewat pada bidang pengamatan.
- 4) Kendaraan sebagai sarana transportasi bagi pengamat.
- 5) Alat tulis dan formulir.

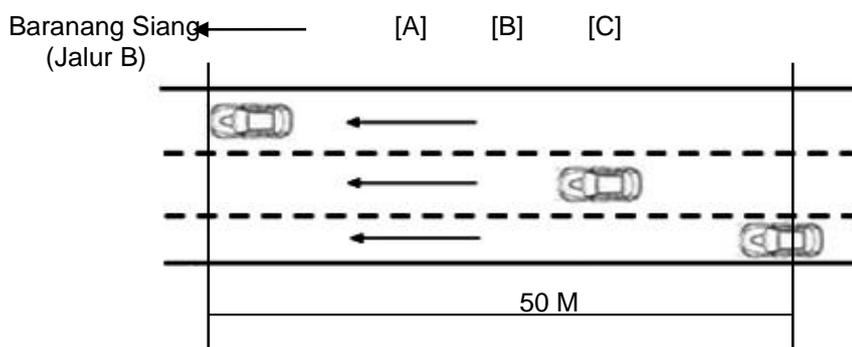


Gambar 5. Ruas Jalan Untuk Penghitungan jumlah dan kecepatan Kendaraan

3.3 Metode

1) Pengambilan Data Jumlah Kendaraan, dalam menentukan jumlah kendaraan dilakukan tiga periode, yaitu 5, 10 dan 15 menit. Jumlah kendaraan yang diamati ada tiga moda yaitu kendaraan berat, kendaraan ringan dan sepeda motor. Dalam penghitungan menggunakan counter yang terdiri dari 3 buah counter masing-masing untuk kendaraan berat, kendaraan ringan dan sepeda motor. Semua kendaraan yang lewat didepan pos pengamatan dihitung.

2) Pengambilan Data Kecepatan Kendaraan, dalam penentuan data kecepatan kendaraan ditempat penelitian atau lapangan dilakukan dengan metode kecepatan setempat dengan mengukur waktu perjalanan bergerak, Berdasarkan pada panduan survey dan perhitungan waktu perjalanan lalu lintas No. 001/T/BNKT/1990 Dirjen Bina Marga Direktorat Pembinaan Jalan Kota, ruas jalan yang dibutuhkan adalah 50 meter.



Gambar 6. Sketsa Penggal Jalan Untuk Penghitungan jumlah dan kecepatan Kendaraan

3.4

Penyusunan dan Penyajian Data

Data volume lalu lintas dihitung berdasarkan data jumlah lalu lintas (V) pada waktu penelitian. Jumlah volume lalu lintas dilakukan dalam 5, 10 dan 15 menit, volume yang diamati dalam pengamatan ini terdiri dari tiga moda, yaitu :

1 Kendaraan Ringan (High Vehicle)

2 Kendaraan Berat (Heavy Vehicle)

3 Sepeda Motor (Motor Cycle)

Data volume lalu lintas dari hasil pengamatan disebut data kendaraan per 5, 10 dan 15 menit. Data volume lalu lintas tersebut harus disesuaikan terlebih dahulu kedalam satuan per 5, 10 dan 15 menit, maka data tersebut harus dikalikan dengan

nilai konstanta pcu (pasanger car unit) atau yang di Indonesia disebut smp (satuan mobil

penumpang). Nilai konstanta tersebut dapat dilihat seperti pada tabel 6.

Tabel 6 Nilai konstanta smp

No	Jenis Kendaraan	smp
1	Light Vehicle (LV)	1.00
2	Heavy Vehicle	1.20
3	Motor Cycle	0.25

Sumber : Indonesian Highway Capacity Manual, 1993 hal. 5-26

Dibawah ini disajikan contoh penghitungan penyesuaian satuan data volume lalu lintas menjadi smp per 5, 10 dan 15 menit. Contoh diambil pada jam 06.00-06.05 pada hari Senin. Pada jam tersebut teramati 170 untuk kendaraan ringan, 5 untuk kendaraan berat, 243 untuk sepeda motor dari data ini didapatkan :

$$170 \times 1,00 = 170 \text{ smp / lima menit (LV)}$$

$$5 \times 1,20 = 6 \text{ smp / lima menit (HV)}$$

$$243 \times 0,25 = 60,75 \text{ smp / lima menit (MC)}$$

Untuk perhitungan data-data selanjutnya sama dengan perhitungan diatas, yaitu untuk 5 menitan dikalikan 12 dan untuk 10 menitan dikalikan 6 dan untuk 15 menitan dikalikan 4 seperti contoh berikut ini, yaitu:

$$\text{Untuk 5 menitan pada jam 06.00-06.05: } 236,75 \times 12 = 2841 \text{ smp /jam}$$

$$\text{Untuk 10 menitan pada jam 06.00-06.10: } 453,6 \times 6 = 2721,6 \text{ smp / jam}$$

$$U = \frac{L / 1000}{t / 3600}$$

Karena jalan pengamatan tetap yaitu 50 meter maka rumus tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$U = \frac{50 / 1000}{t / 3600}$$

$$U = \frac{50 \times 3,6}{t}$$

Contoh perhitungan :

$$U1 = \frac{50 \times 3,6}{6,78} = 26,55 \text{ kilometer / jam}$$

Kecepatan Rata-Rata Ruang

$$U_s = \frac{1}{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^n \frac{1}{U}}$$

Dimana : U_s = Space Mean Speed, kecepatan rata-rata ruang (kilometer/jam)

N = jumlah data

U = kecepatan rata-rata waktu

3. .

$$- \frac{1}{U} \text{ (1/U ringan, berat dan sepeda motor)} = \frac{1}{26,55} \cdot 7 + \frac{1}{23,68} \cdot 8 + \frac{1}{24,10} \cdot 6 + \frac{1}{28,80} \cdot 4 + \frac{1}{21,56} \cdot 8 + \frac{1}{20,69} \cdot 8 + \frac{1}{29,65} \cdot 5 + \frac{1}{26,67} \cdot 7 + \frac{1}{24,16} \cdot 8 + \frac{1}{28,57} \cdot 5 + \frac{1}{24,97} \cdot 4 + \frac{1}{21,15} \cdot 3 + \frac{1}{33,90} \cdot 1 + \frac{1}{34,62} \cdot 1 + \frac{1}{22,09} \cdot 1 + \frac{1}{17,82} \cdot 2 + \frac{1}{19,35} \cdot 1 + \frac{1}{21,30} \cdot 2 + \frac{1}{17,73} \cdot 1 + \frac{1}{33,03} \cdot 1 + \frac{1}{35,09} \cdot 1 + \frac{1}{21,82} \cdot 1 + \frac{1}{17,73} \cdot 1 + \frac{1}{19,05} \cdot 1 = 3,62$$

$$- \text{ Untuk } N = N \text{ motor} + N \text{ ringan} + N \text{ berat} = 73 + 9 + 5 = 87$$

- Untuk U_s (jam 06.00)

$$U_s = \frac{1}{\left(\frac{1}{73+9+5} \right) \times (3,62)} = 24,0$$

Untuk 15 menitan pada jam 06.00-06.15: $711,3 \times 4 = 2845,2 \text{ smp / jam}$

Kecepatan Rata-Rata Waktu Tempuh

Kecepatan rata-rata waktu tempuh tersebut rumusnya sebagai berikut :

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

Dengan : U = kecepatan rata-rata waktu tempuh (km/jam)

L = panjang penggal jalan pengamatan (km)

T = waktu tempuh kendaraan melewati penggal jalan pengamatan (jam).

Dalam mempermudah perhitungan satuan-satuan data disamakan terlebih dahulu yaitu detik pada waktu dijadikan jam yaitu dibagi 3600 sedangkan untuk jarak dijadikan kilometer dari 50 meter. Lebih jelasnya dinyatakan dengan rumus :

Contoh perhitungan untuk kecepatan rata-rata ruang kendaraan pada jam 06.00 sebagai berikut :

1. Dihitung dahulu untuk total (1/U) kendaraan ringan , kendaraan berat dan sepeda motor.
2. Kemudian dihitung U_s dengan N dijumlah langsung

PENYUSUNAN DATA KEPADATAN

Kepadatan atau Density (D) dicari dengan menggunakan kedua variabel yaitu volume (V) dan kecepatan rata-rata ruang (Us), maka dirumuskan sebagai berikut:

$$D = \frac{V}{U_s}$$

Dengan : D = Kepadatan. Jumlah kendaraan yang melewati panjang tertentu dari suatu

1. 06.00-06.05

$$V = 2841$$

$$U_s = 24,0$$

$$D = \frac{2841}{24,0} = 118,137$$

2. 06.00-06.10

$$V = 2721,6$$

$$U_s = 22,0$$

$$D = \frac{2721,6}{22,0} = 123,615$$

3. 06.00-06.15

$$V = 2845,2$$

$$U_s = 22,5$$

$$D = \frac{2845,2}{22,5} = 126,481$$

4.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hubungan Matematis antara Kecepatan-Kepadatan, Volume-Kecepatan dan Volume-Kepadatan

$$a = \frac{[\sum y][\sum x^2] - [\sum x][\sum xy]}{n \sum x^2 - [\sum x]^2}$$

$$b = \frac{n[\sum xy] - [\sum x][\sum y]}{n \sum x^2 - [\sum x]^2}$$

Dengan: n = jumlah data

x = variabel bebas (absis)

y = variabel terikat (ordinat)

Pada perhitungan ini didapatkan tiga rumusan linear yaitu untuk periode 5 menit didapat n = 144, untuk 10 menit didapat n = 72 dan untuk 15 menit didapat n = 48 buah.

1) Perhitungan periode 5 menit hari senin

$$b = \frac{(144) \cdot (3723247,337) - (1327966,994) \cdot (448,342)}{(144) \cdot (31271142225,249) - (1327966,994)^2}$$

$$= -0,000022$$

$$a = (3,391) - (-0,000022) \cdot (9221,993) = 3,313$$

2) Perhitungan periode 10 menit hari senin

$$b = \frac{(72) \cdot (3701752,572) - (1405255,709) \cdot (222,273)}{(72) \cdot (95875321447,908) - (1405255,709)^2}$$

$$= -0,000009$$

$$a = (3,087) - (-0,000009) \cdot (19517,440) = 3,269$$

3) Perhitungan periode 15 menit hari senin

$$b = \frac{(48) \cdot (2259544,226) - (788344,392) \cdot (148,753)}{(48) \cdot (23007891460,848) - (788344,392)^2}$$

$$= -0,000018$$

$$a = (3,099) - (-0,000018) \cdot (16423,841) = 3,399$$

Dan begitulah seterusnya untuk hari Sabtu dan Minggu

4.1.1 Hubungan kecepatan – kepadatan

jalan (smp/kilometer)

V = Volume. Jumlah kendaraan yang melewati suatu titik dalam satu unit waktu (smp/jam)

Us = Space Mean Speed.

Kecepatan rata-rata ruang (kilometer/jam)

Untuk contoh perhitungan diambil waktu 06.00-06.05 dan 06.00-06.10 serta 06.00-06.15 sebagai berikut :

Sebagaimana diterangkan pada bab sebelumnya bahwa rumus regresi linear adalah sebagai berikut :

Variabel x adalah variabel untuk kepadatan dan y adalah variabel untuk kecepatan rata-rata ruang. Hasil perhitungan untuk regresi linear disajikan dalam gambar grafik. Hasil perhitungan regresi linearnya sebagai berikut :

Dari perhitungan diatas didapatkan persamaan sebagai berikut:

Hari senin: Periode 5 menit $S = 27,206e^{-0,000022D^2}$ Periode 15 menit $S = 29,924e^{-0,000018D^2}$
 Periode 10 menit $S = 26,275e^{-0,000009D^2}$

Seperti yang sudah dijelaskan pada bab dua, korelasi yang terjadi pada regresi linier digunakan rumus sebagai berikut: $r = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$

Dengan: n = jumlah data
 x = variabel bebas (absis)
 y = variabel terikat(ordinat)

Sehingga nilai korelasinya sebagai berikut:

- 1) Senin 5 menit = $\frac{(144 \times 3723247,337) - (1327966,993 \times 448,342)}{\sqrt{(144 \times 31271142225,248) - (1327966,993)^2} \times \sqrt{(144 \times 1410,026) - (448,342)^2}}$
 $= -0,794$
- 2) Senin 10 menit = $\frac{(72 \times 3701752,572) - (1405255,709 \times 222,273)}{\sqrt{(72 \times 95875321447,908) - (1405255,709)^2} \times \sqrt{(72 \times 694,945) - (222,273)^2}}$
 $= -0,822$
- 3) Senin 15 menit = $\frac{(48 \times 2259544,225) - (788344,392 \times 148,753)}{\sqrt{(48 \times 23007891460,848) - (788344,392)^2} \times \sqrt{(48 \times 465,135) - (148,753)^2}}$
 $= -0,899$

Dan demikian seterusnya untuk hari sabtu dan minggu. Sehingga nilai korelasinya sebagai berikut:

Hari	5 menit	10 menit	15 menit
Senin	-0,794	-0,822	-0,899
Sabtu	-0,726	-0,825	-0,863
Minggu	-0,922	-0,943	-0,959

Tanda negatif menunjukkan terjadinya nilai berkebalikan, maksudnya variabel x yang tinggi akan diikuti variabel y yang rendah dan sebaliknya.

4.1.2 Hubungan volume – kepadatan

Dengan persamaan yang dihasilkan dari perhitungan yang menggunakan regresi linier didapatkan hubungan antara volumedan kepadatan, sebagai berikut:

Periode 5 menit $V = 27,206De^{-0,000022D^2}$

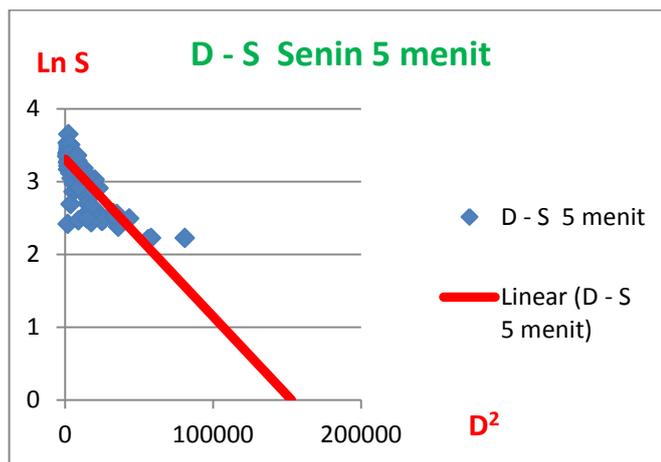
Periode 10 menit $V = 26,275De^{-0,000009D^2}$

Periode 15 menit $V = 29,924De^{-0,000018D^2}$

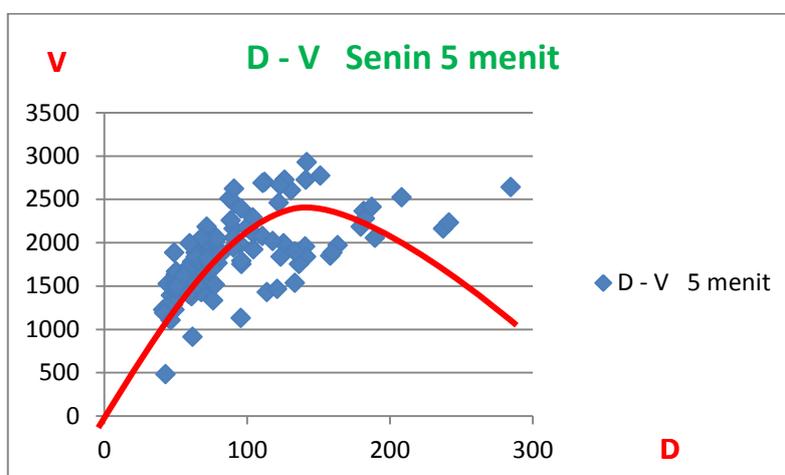
4.1.3 Hubungan volume – kecepatan

Hubungan volume- kecepatan akan diketahui dari persamaan sebelumnya antara volume- kepadatan ,maka didapatkan persamaan hubungan antara volume – kecepatan sebagai berikut:

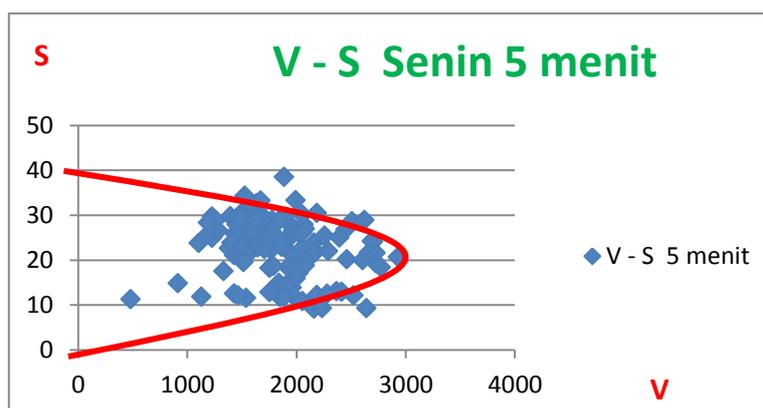
	5 menit	10 menit	15 menit
Senin	$S = 27,206e^{-0,000008D^2}$ $V = 27,206De^{-0,000008D^2}$ $V = 216,060 \left(\text{Ln} \frac{27,206}{S} \right)^{0,5}$	$S = 26,275e^{-0,000009D^2}$ $V = 26,275De^{-0,000009D^2}$ $V = 327,942 \left(\text{Ln} \frac{26,275}{S} \right)^{0,5}$	$S = 29,924e^{-0,000018D^2}$ $V = 29,924De^{-0,000018D^2}$ $V = 234,115 \left(\text{Ln} \frac{29,924}{S} \right)^{0,5}$
Sabtu	$S = 27,988e^{-0,000008D^2}$ $V = 27,988De^{-0,000008D^2}$ $V = 358,001 \left(\text{Ln} \frac{27,988}{S} \right)^{0,5}$	$S = 30,070e^{-0,000013D^2}$ $V = 30,070De^{-0,000013D^2}$ $V = 279,274 \left(\text{Ln} \frac{30,070}{S} \right)^{0,5}$	$S = 31,479e^{-0,000016D^2}$ $V = 31,479De^{-0,000016D^2}$ $V = 250,688 \left(\text{Ln} \frac{31,479}{S} \right)^{0,5}$
Minggu	$S = 35,043e^{-0,000019D^2}$ $V = 35,043De^{-0,000019D^2}$ $V = 227,429 \left(\text{Ln} \frac{35,043}{S} \right)^{0,5}$	$S = 34,932e^{-0,000021D^2}$ $V = 34,932De^{-0,000021D^2}$ $V = 220,123 \left(\text{Ln} \frac{34,932}{S} \right)^{0,5}$	$S = 35,179e^{-0,000022D^2}$ $V = 35,179De^{-0,000022D^2}$ $V = 215,541 \left(\text{Ln} \frac{35,179}{S} \right)^{0,5}$



Gambar 7. Grafik hubungan kepadatan –kecepatan



Gambar 8. Grafik hubungan kepadatan – volume



Gambar 9. Grafik hubungan volume –kecepatan

4.2 Nilai Kecepatan pada Arus Bebas dan Kepadatan pada Kondisi macet, dan Volume Lalu Lintas Maksimum

Nilai kecepatan pada arus bebas dan kepadatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum serta voume maksimum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kecepatan-kepadatan pada kondisi kepadatan (D)= 0 dan kecepatan (S)= 0 serta

kecepatan maksimum (S_M) dikalikan dengan kerapatan masimum (D_M).Maka akan didapat periode 5 menit nilai $S_{ff} = 27,206$ km/jam, periode 10 menit nilai $S_{ff} = 26,275$ km/jam, periode 15 menit nilai $S_{ff} = 29.924$ km/jam. Maka akan didapat nilai: Untuk nilai kepadatan maksimum pada hari senin :

Periode 5 menit $DM=152,778$

$$D_M\sqrt{2} = 216,060$$

Periode 10 menit $DM=231,890$

$$D_M\sqrt{2} = 327,942$$

Periode 15 menit $DM=165,544$

$$D_M\sqrt{2} = 234,115$$

Untuk nilai kecepatan maksimum pada hari senin :

Periode 5 menit $S_M = 16,501$

Periode 10 menit $S_M = 15,936$

Periode 15 menit $S_M = 18,150$

5 KESIMPULAN

Dari data yang diolah serta melalui berbagai perhitungan. sesuai dengan tujuan yang dihasilkan dalam penelitian ini, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Hasil persamaan memiliki hubungan matematis yang cukup kuat, dilihat dari nilai korelasi yang berkisar antara -0,79 - -0,96, dari grafik juga dapat dilihat data tersebar. ini menunjukkan kondisi di jalan antara kecepatan dan kepadatan sangat saling mempengaruhi pada kondisi lenggang sampai padat.
- 2) Mendapatkan nilai kecepatan mendekati nol dan kepadatan mendekati nol, dimana nilai kecepatan pada hari senin berkisar antara 26 - 30 km/jam, sedangkan untuk kepadatan berkisar antara 152 - 232 smp/km, hari sabtu untuk kecepatan arus bebas berkisar antara 27 - 32 km/jam, sedangkan untuk kepadatan maksimal berkisar antara 177- 254 smp/jam, untuk hari minggu kecepatan arus bebas berkisar antara 34 - 36 km/jam, sedangkan untuk kepadatan maksimal berkisar antara 152 - 161, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk hari senin kondisi lalu lintas ruas jalan pajajaran dari arah sukasari menuju arah baranang siang mengalami kemacetan pada waktu-waktu tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi Permana, 1997. *Lebih Lanjut Dengan Microsoft Excel 97*, Elek Media Komputindo, PT Gramedia, Jakarta.
- Daniel I Gerlough and Matthew J Hubber, 1975. *Traffic Flow Theory*, Transportation Research Board, (p, 7, p, 49).
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1982. *Panduan Survey dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu-lintas*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1982. *Tata Cara Pelaksanaan Survey Penghitungan Lalu Lintas Cara Manua*, Jakarta
- Gerlough, Daniel I, Matthew J Hubber, 1975. *Traffic Flow Theory (pp.7-49)*. New York, Transportation Research Board.
- Morlok, Edward K, 1985. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi (pp.187)*, Erlangga, Jakarta.
- Tamin, Ofyar Z, 2003. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi: Ccontoh Soal dan Aplikasi*. ITB, Bandung.
- Martin Wohl, Brian V Martin, 1967. *Traffic System Analysis (p.332)*. New York: McGraw-Hill Series in Transportation
- Pignataro, LJ, 1973. *Traffic Engineering Theory and Practice*. Prentice Hall, Inc.
- Salter, R.J, 1976. *Highway Traffic Analysis and Design*. Mac Millan Press Ltd, London.
- Hoobs, F.D, 1979. *Traffic Planning and Engineering Practice*, Pergamon Press Ltd.