HUBUNGAN ANTARA KECEPATAN, VOLUME DAN KEPADATAN LALU LINTAS RUAS JALAN SILIWANGI SEMARANG

Eko Nugroho Julianto
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Gedung E4, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229, Telp. (024) 8508102
E-mail : en_julianto@staff.unnes.ac.id

***Abstract**: The volume of traffic traveling on roads Siliwangi have increased from year to year. This is due to the development of this area. To overcome the problem of traffic congestion on these roads is required prior knowledge about traffic characteristics and model of the relationship between these characteristics. This study aims to analyze the model of the relationship between the characteristic volume (V), speed (S) and density (D) traffic, in accordance with existing conditions. Survey data includes traffic volumes and speeds with the manual count method, being analytical models include models Greenshield, Greenberg, and Underwood. The results showed that the relationship model that is suitable for VSD Siliwangi road is to follow the model of Underwood with r = 0859, with the model of Us = 68.20 x exp(-D/-15.05).*

***Keywords:** relationship model, Greenshield, Greenberg, Underwood*

Abstrak: Volume perjalanan lalu lintas pada ruas jalan Siliwangi mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal ini disebabkan perkembangan daerah ini. Untuk mengatasi masalah kemacetan lalulintas pada ruas jalan ini terlebih dahulu diperlukan pengetahuan mengenai karakteristik lalu lintas dan model hubungan antar karakteristik tersebut. Kajian ini bertujuan menganalisis model hubungan antar karakteristik volume (V), kecepatan (S) dan kepadatan (D) lalu lintas, sesuai dengan kondisi yang ada. Survai data meliputi volume dan kecepatan lalu lintas dengan metode *manual count,* sedang analisis model meliputi model *Greenshield, Greenberg,* dan *Underwood.* Hasil analisis menunjukkan bahwa model hubungan V-S-D yang sesuai untuk ruas jalan Siliwangi adalah mengikuti model *Greenberg* dengan nilai r = 0.773, dengan model *Us = 68.20 x exp(-D/-15.05)*.

Kata kunci**:** model hubungan, greenshield, greenberg, underwood

PENDAHULUAN

Permasalahan lalu lintas jalan raya merupakan suatu permasalahan yang kompleks dalam dunia transportasi darat terutama untuk transportasi perkotaan. Setiap diselesaikan satu permasalahan akan muncul permasalahan berikutnya, dan tidak menutup kemungkinan bahwa masalah yang berhasil diselesaikan dikemudian hari akan menimbulkan permasalahan baru.

Problem transportasi diperkotaan tersebut timbul terutama disebabkan karena tingginya tingkat urbanisasi, pertumbuhan jumlah kendaraan tidak sebanding dengan pertumbuhan prasarana transportasi. serta populasi dan pergerakan yang meningkat dengan pesat setiap harinya. Untuk itu, informasi mengenai pergerakan arus lalu lintas sangat penting untuk diketahui didaerah perkotaan.

Dalam perencanaan, perancangan dan penetapan berbagai kebijaksanaan sistem transportasi, teori pergerakan arus lalu lintas memegang peranan sangat penting. Kemampuan untuk menampung arus lalu lintas sangat bergantung pada keadaan fisik dari jalan tersebut, baik kualitas maupun kuantitasnya serta karakteristik operasional lalu lintasnya.

Teori pegerakan arus lalu lintas ini akan menjelaskan mengenai kualitas dan kuantitas dari arus lalu lintas sehingga dapat diterapkan kebijaksanaan atau pemilihan sistem yang paling tepat untuk menampung lalu lintas yang ada. Untuk mempermudah penerapan teori pergerakan lalu lintas digunakan metoda pendekatan matematis untuk menganalisa gejala yang berlangsung dalam arus lalu lintas.

Salah satu cara pendekatan untuk memahami perilaku lalu lintas tersebut adalah dengan menjabarkannya dalam bentuk hubungan matematis dan grafis. Suatu peningkatan dalam volume lalu lintas akan menyebabkan berubahnya perilaku lalu lintas. Secara teoritis terdapat hubungan yang mendasar antara volume (*flow)* dengan kecepatan *(speed)* serta kepadatan *(density).*

KAJIAN PUSTAKA

Komposisi Lalu Lintas

Pada kenyataannya, arus lalu lintas yang ada di lapangan adalah heterogen. Sejumlah kendaraan dengan berbagai jenis, ukuran dan sifatnya membentuk sebuah arus lalu lintas. Keragaman ini membentuk karakteristik lalu lintas yang berbeda untuk setiap komposisi dan berpengaruh terhadap arus lalu lintas secara keseluruhan.

Memperhatikan kondisi tersebut, diperlukan suatu besaran untuk menyatakan pengaruh sebuah jenis kendaraan terhadap arus lalu lintas secara keseluruhan. Satuan mobil penumpang (smp) merupakan sebuah besaran yang menyatakan ekivalensi pengaruh setiap jenis kendaraan yang dibandingkan terhadap jenis kendaraan penumpang. Dengan besaran ini, setiap komposisi lalu lintas dapat dinilai.

Tabel 1. Daftar satuan mobil penumpang

No.	Jenis Kendaraan	smp
1.	Kendaraan ringan	1.00
2.	Kendaraan berat	1.20
3.	Sepeda motor	0.25
4.	Kendaraan tak bermotor	0.80

Sumber : IHCM, 1997

Arus Lalu Lintas

Karakteristik lalu-lintas terjadi karena adanya interaksi antara pengendara dan kendaraan dengan jalan dan lingkungannya. Pada saat ini pembahasan tentang arus lalu lintas dikonsentrasikan pada variabel-variabel arus (*flow*, *volume*), kecepatan (*speed*), dan kerapatan (*density*). Ketiga komponen itu termasuk pembahasan arus lalu-lintas dalam skala makroskopik.

Pembahasan tersebut telah mengalami perkembangan dari konsep awalnya yakni bahwa elemen utama dari arus lalu-lintas adalah komposisi atau karakteristik volume, asal tujuan, kualitas, dan biaya. Pergeseran tersebut terjadi karena saat ini arus lalu-lintas pada dasarnya hanya menggambarkan berapa banyak jenis kendaraan yang bergerak.

Arus dan Volume

Arus lalu-lintas *(flow)* adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pada penggal jalan tertentu, pada periode waktu tertentu, diukur dalam satuan kendaraan per satuan waktu tertentu. Sedangkan volume adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu arus jalan pada periode waktu tertentu diukur dalam satuan kendaraan per satuan waktu.

Kecepatan

Kecepatan merupakan parameter utama kedua yang menjelaskan keadaan arus lalu lintas di jalan. Kecepatan dapat didefinisikan sebagai gerak dari kendaraan dalam jarak per satuan waktu.

Dalam pergerakan arus lalu-lintas, tiap kendaraan berjalan pada kecepatan yang berbeda. Dengan demikian pada arus lalu-lintas tidak dikenal karakteristik kecepatan tunggal akan tetapi lebih sebagai distribusi dari kecepatan kendaraan tunggal. Dari distribusi tersebut, jumlah rata-rata atau nilai tipikal dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari arus lalu-lintas. Dalam perhitungannya kecepatan rata-rata dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. *Time Mean Speed* (TMS), yang didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang melewati suatu titik dari jalan selama periode tertentu.
2. *Space Mean Speed* (SMS), yakni kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang menempati penggalan jalan selama periode waktu tertentu.

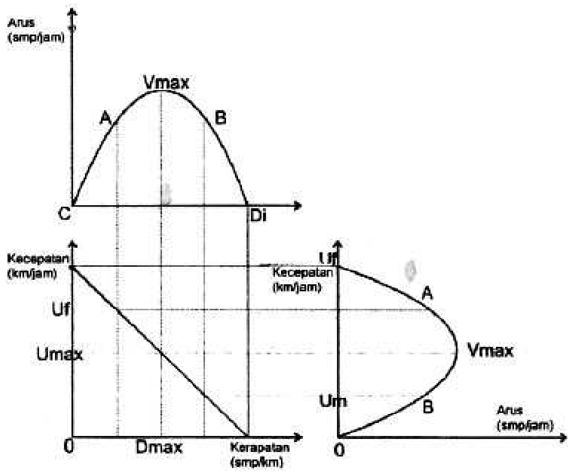
Kerapatan

Kerapatan dapat didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan atau lajur, secara umum dapat diekspresikan dalam kendaraan per mil (vpm) atau kendaraan per mil per lane (vpmpl). Kerapatan sulit diukur secara langsung di lapangan, melainkan dihitung dari nilai kecepatan dan arus sebagai hubungan:

$V = U_S \times D$ .... (1)

Dengan : V adalah arus lalu lintas, U_s adalah *Space Mean Speed* dan D adalah kerapatan

Model dari hubungan antara variabel arus, kecepatan, dan kerapatan, dapat terlihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Hubungan antara Arus, Kecepatan, dan Kerapatan

Pada gambar tersebut dapat diterangkan bahwa:

1. Pada kondisi kerapatan mendekati harga nol, arus lalu lintas juga mendekati harga nol, dengan asumsi seakan-akan tidak terdapat kendaraan bergerak. Sedangkan kecepatannya akan mendekati kecepatan rata-rata pada kondisi arus bebas.
2. Apabila kerapatan naik dari angka nol, maka arus juga naik. Pada suatu kerapatan tertentu akan tercapai suatu titik di mana bertambahnya kerapatan akan membuat arus menjadi turun.
3. Pada kondisi kerapatan mencapai kondisi maksimum atau disebut kerapatan kondisi jam (kerapatan jenuh) kecepatan perjalanan akan mendekati nilai nol, demikian puia arus lalu lintas akan mendekati harga nol karena tidak memungkinkan kendaraan untuk dapat bergerak lagi.
4. Kondisi arus di bawah kapasitas dapat terjadi pada dua kondisi, yakni:
    a. Pada kecepatan tinggi dan kerapatan rendah (kondisi A).
    b. Pada kecepatan rendah dan kerapatan tinggi (kondisi B).

Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

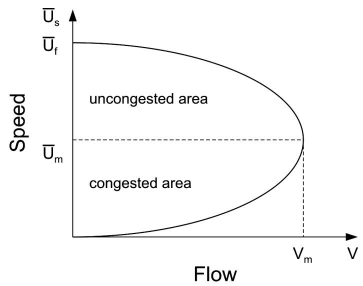
Aliran lalu lintas pada suatu ruas jalan raya terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas, yaitu :

1. Volume (*flow*), yaitu jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tinjau tertentu pada suatu ruas jalan per satuan waktu tertentu.
2. Kecepatan (*speed*), yaitu jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada ruas jalan per satuan waktu.
3. Kepadatan (*density*), yaitu jumlah kendaraan per satuan panjang jalan tertentu.

Variabel-variabel tersebut memiliki hubungan antara satu dengan lainnya. Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan dapat digambarkan secara grafis dengan menggunakan persamaan matermatis.

Hubungan volume – Kecepatan

Hubungan mendasar antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai. Hubungan keduanya ditunjukkan pada gambar berikut ini.

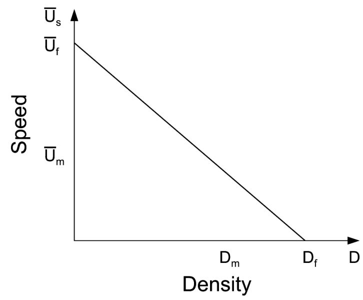


Gambar 2. Hubungan Volume – Kecepatan

Setelah kepadatan kritis tercapai, maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan berkurang. Jadi kurva diatas menggambarkan dua kondisi yang berbeda, lengan atas menunjukkan kondisi stabil dan lengan bawah menunjukkan kondisi arus padat.

Hubungan Kecepatan - Kepadatan

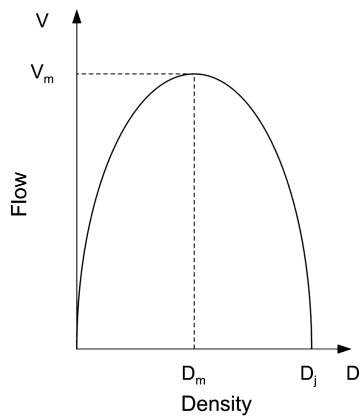
Kecepatan akan menurun apabila kepadatan bertambah. Kecepatan arus bebas akan terjadi apabila kepadatan sama dengan nol, dan pada saat kecepatan sama dengan nol maka akan terjadi kemacetan (*jam density*). Hubungan keduanya ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 3. Hubungan Kecepatan – Kepadatan

Hubungan Volume - Kepadatan

Volume maksimum terjadi (V_m) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik Dm (kapasitas jalur jalan sudah tercapai). Setelah mencapai titik ini volume akan menurun walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik D_j. Hubungan keduanya ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 4. Hubungan Volume – Kepadatan

Model Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Model Greenshield

Model ini adalah model yang paling awal dalam upaya mengamati perilaku lalu lintas. Greenshield yang melakukan studi pada jalan-jalan di luar kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenihi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas (*steady state condition*). Greenshield mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bersifat linier. Model ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

$U_s = U_f - (U_f / D_j)D$ .... (2)

Dari persamaan tersebut dapat disampaikan bahwa U_S adalah kecepatan rata-rata ruang (km/jam), U_f adalah kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam), D adalah kerapatan (smp/km), D_j adalah kerapatan kondisi jam (smp/km) dan V adalah arus lalu lintas (smp/jam).

Memperhatikan rumus di atas, pada dasarnya merupakan suatu persamaan linier, $Y = a + bX$, dimana dianggap bahwa U_f merupakan konstanta a dan $U_f / D_j = b$ sedangkan U_S dan D masing-masing merupakan variabel Y dan X. Kedua konstanta tersebut dapat dinyatakan sebagai kecepatan bebas (*free flow speed*) dimana pengendara dapat memacu kecepatan sesuai dengan keinginan dan puncak kepadatan dimana kendaraan tidak dapat bergerak sama sekali.

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah persamaan (1) menjadi $U_s = V / D$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (2) sehingga diperoleh :

$V = \overline{U}_f \times D - (\overline{U}_f / D_j) \times D^2$ .... (3)

Persamaan tersebut merupakan persamaan parabolik $V = f(D)$

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dengan mengubah persamaan (1) menjadi $D = V / U_s$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (2), maka akan diperoleh :

$V = D_j \times \overline{U}_s - (D_j / \overline{U}_f) \times \overline{U}_s^2$ .... (4)

Persamaan tersebut juga merupakan persamaan parabolik $V = f(\overline{U}_s)$.

Volume maksimum (V_m) untuk model Greenshield dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$V_m = D_m \times \overline{U}_m$ .... (5)

Dari persamaan tersebut dapat disampaikan bahwa D_m adalah kepadatan pada saat volume maksimum dan $\overline{U}_m$ adalah kecepatan pada saat volume maksimum.

Kepadatan saat volume maksimum (D_m) untuk model Greenshield dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$D = D_m = (D_j / 2)$ .... (6)

Kecepatan saat volume maksimum ($\overline{U}_m$) untuk model Greenshield dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$\overline{U}_s = \overline{U}_m = (\overline{U}_f / 2)$ .... (7)

Apabila persamaan (6) dan (7) disubstitusikan pada persamaan (5), maka volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V_m &= D_m \times \overline{U}_m \\ &= (D_j \times \overline{U}_f) / 4 \end{aligned} \quad \text{.....................................} \ (8)$$

Model Greenberg

Model *Greenberg* adalah model kedua yang mensurvey hubungan kecepatankerapatan pada aliran lalu-lintas pada terowongan, dan menyimpulkan bahwa model non linier lebih tepat di gunakan yakni fungsi eksponensial. Rumus dasar dari *Greenberg* adalah:

$$D = c.e^{bU_s} \quad \text{(9)}$$

dengan c dan b merupakan nilai konstanta.

Dengan menggunakan analogi aliran fluida dia mengkombinasikan persamaan gerak dan kontinuitas untuk satu kesatuan dimensi gerak dan menurunkan persamaan:

$$\overline{U}_s = \overline{U}_m \times \ln(D_j / D) \quad \text{(10)}$$

Pada model *Greenberg* ini diperlukan pengetahuan tentang parameter-parameter kecepatan optimum dan kerapatan kondisi *jam.* Sama dengan model *Greenshield,* kerapatan kondisi *jam* sangat sulit diamati di lapangan dan estimasi terhadap kecepatan optimum lebih sulit diperkirakan dari pada kecepatan bebas rata-rata.

Estimasi kasar untuk menentukan kecepatan optimum kurang lebih setengah dari kecepatan rencana. Ketidakuntungan lain dari model ini adalah kecepatan bebas rata-rata tidak bisa dihitung. Persamaan (10) tersebut diatas dapat ditulis kedalam bentuk persamaan matematika lain yaitu:

$$\overline{U}_s = \overline{U}_m \cdot \ln D_j - \overline{U}_m \cdot \ln D \quad \text{(11)}$$

Memperhatikan rumus di atas, pada dasarnya merupakan suatu persamaan linier, $Y = a + bX$, dimana dianggap bahwa $U_m.\ln D_j$ merupakan konstanta *a* dan $-U_m = b$ sedangkan U_S dan $\ln D$ masing-masing merupakan variabel *Y* dan *X*.

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah persamaan (1) menjadi $U_s = V / D$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (10) sehingga diperoleh :

$$V = \overline{U}_m \times D \times \ln(D_j / D) \quad \text{(12)}$$

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dengan mengubah persamaan (1) menjadi $D = \dfrac{V}{U_s}$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (10), maka akan diperoleh :

$$V = \overline{U}_s \times D_j \times \exp\left(-\overline{U}_s / \overline{U}_m\right) \quad \text{(13)}$$

Volume maksimum (V_m) untuk model Greenberg dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5) diatas. Untuk menentukan konstanta D_m dan $\overline{U}_m$, maka persamaan (12) dan (13) harus dideferensir masing-masing terhadap kepadatan dan kecepatan.

Kepadatan saat volume maksimum (D_m) untuk model Greenberg dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$D = D_m = (D_j / e) \quad \text{(14)}$$

Kecepatan saat volume maksimum ($\overline{U}_m$) untuk model Greenberg dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\overline{U}_s = \overline{U}_m = \overline{U}_m \quad \text{(15)}$$

Apabila persamaan (14) dan (15) disubstitusikan pada persamaan (5), maka volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V_m &= D_m \times \overline{U}_m \\ &= (D_j / e) \times \overline{U}_m \quad \text{(16)} \\ &= (D_j \times \overline{U}_m) / e \end{aligned}$$

Model Underwood

Underwood mengemukakan suatu hipotesis bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah merupakan hubungan eksponensial dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$\overline{U}_s = \overline{U}_f \times exp(-D / D_m) \quad \text{.........................} \quad (17)$$

Untuk mendapatkan konstanta $\overline{U}_f$ dan D_m, persamaan (17) diubah persamaan linier, $Y = a + bX$, seperti dibawah ini.

$$ln\overline{U}_s = ln\overline{U}_f - (-D / D_m) \quad \text{.........................} \quad (18)$$

Dimana dianggap bahwa $ln\overline{U}_f$ merupakan konstanta *a* dan $-1/D_m = b$ sedangkan lnU_S dan D masing-masing merupakan variabel *Y* dan *X*.

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah persamaan (1) menjadi $U_s = V / D$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (17) sehingga diperoleh :

$$V = D \times \overline{U}_f \times exp(-D / D_m) \quad \text{.....................} \quad (19)$$

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dengan mengubah persamaan (1) menjadi $D = V / U_s$ yang kemudian disubstitusikan pada persamaan (17), maka akan diperoleh :

$$V = \overline{U}_s \times D_m \times exp(\overline{U}_f / \overline{U}_s) \quad \text{...................} \quad (20)$$

Apabila persamaan (19) dan (20) disubstitusikan pada persamaan (5), maka volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V_m &= D_m \times \overline{U}_m \\ &= D_m \times (\overline{U}_f / e) \quad \text{.................................} \quad (21) \\ &= (D_j \times \overline{U}_m) / e \end{aligned}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan volume lalu lintas dalam satuan mobil penumpang (smp), maka data jumlah kendaraan tiap 15 (lima belas) menit yang diperoleh dari hasil survei dikalikan dengan faktor ekuivalensi smp untuk tiap jenis kendaraan (tabel 1) dan kemudian menjumlahkannya sehingga diperoleh volume lalu lintas.

Hasil survei kendaraan dan hitungan volume lalu lintas dalam satuan mobil penumpang disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Hasil survei kendaraan

Waktu	Volume Kendaraan (smp)	Us	D
07:00 - 07:15	293.50	43	6.826
07:15 - 07:30	301.20	39	7.723
07:30 - 07:45	297.50	40	7.438
07:45 - 08:00	306.30	31	9.881
08:00 - 08:15	298.50	44	6.784
08:15 - 08:30	300.00	41	7.317
08:30 - 08:45	325.80	40	8.145
08:45 - 09:00	339.50	37	9.176
09:00 - 09:15	341.30	43	7.937
09:15 - 09:30	332.70	47	7.079
09:30 - 09:45	342.00	46	6.980
09:45 - 10:00	342.10	45	6.579
10:00 - 10:15	360.70	34	10.609
10:15 - 10:30	354.40	35	12.221
10:30 - 10:45	313.00	32	9.781
10:45 - 11:00	322.10	42	7.002
11:00 - 11:15	297.90	45	6.080
11:15 - 11:30	310.40	42	7.390
11:30 - 11:45	327.50	39	8.397
11:45 - 12:00	333.70	34	9.815

Sumber : Hasil pengamatan

Model Linier Greenshields

Hubungan Kecepatan dan Kepadatan

Greenshilds mengemukakan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah berbentuk fungsi linier dengan persamaan :

$$Us = Uf - \left(\frac{Uf}{Dj}\right) \times D$$

Untuk mendapatkan nilai konstanta Uf dan Dj maka persamaannya diubah menjadi persamaan linier $y = a + bx$ dengan $Us = y$; $Uf = a$; $b = (-Uf/Dj)$; $x = D$. Sehingga dengan menggunakan persamaan *Least Square* diperoleh :

$a =$ 60,873 $\rightarrow$ $Uf = a$ = 60.873 km/jam

$b =$ –2.565 $\rightarrow$ $Dj = Uf/b$ = 23,734 smp/jam

maka persamaan regresinya adalah

$$Us = 60{,}873 - (-2{,}565) \times D$$

Koefisien Korelasi (r) :

$$r = \frac{n\,\Sigma xy - \Sigma x\,\Sigma y}{\sqrt{[n\,\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n\,\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}}$$
$$= -0{,}859$$
$$r^2 = 0{,}738$$

Hubungan Volume dan Kecepatan

Hubungan volume dan kecepatan merupakan fungsi parabolik dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$V = Dj \times Us - (Dj / Uf) \times Us^2$$
$$V = 23{,}734 \times Us - 0{,}3899 \times Us^2$$

Hubungan Volume dan Kepadatan

Hubungan volume dan kepadatan juga merupakan fungsi parabolik dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$V = Uf \times D - (Uf / Dj) \times D^2$$
$$V = 60{,}873 \times D - (-2{,}565) \times D^2$$

Perhitungan Volume Maksimum

Volume maksimum (kapasitas) didapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_{maks} = \frac{Uf \times Dj}{4} = 361{,}196 \text{ smp/jam}$$

Model Logaritmik Greenberg

Hubungan Kecepatan dan Kepadatan

Greenberg mengemukakan suatu hipotesa bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan berbentuk logaritmik, dengan persamaan sebagai berikut :

$$Us = Um \times ln(Dj / D)$$

untuk mendapatkan nilai konstanta *Um* dan *Dj* maka persamaannya diubah menjadi persamaan linier Us = Um x ln Dj – Um x ln D dengan asumsi: $y = a + bx$, dimana : $y = Us$; $a = Um \times ln\ Dj$; $b = -Um$; $x = ln\ D$. Sehingga dengan menggunakan persamaan *Least Square* diperoleh :

$a =$ 77,254 $\rightarrow$ Dj = $e(a/Um)$

= 112,947 smp/jam

$b =$ –16,343 $\rightarrow$ $-Um$ = $-b$

= 16,343 km/jam

maka persamaan regresinya adalah :

$$Us = Um \times ln(Dj / D)$$
$$Us = -22.725 \times ln(46{,}537 / D)$$

Koefisien Korelasi (r) :

$$r = \frac{n\,\Sigma xy - \Sigma x\,\Sigma y}{\sqrt{[n\,\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n\,\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}}$$
$$= -0{,}879$$
$$r^2 = 0{,}773$$

Hubungan Volume dan Kecepatan

Hubungan volume dan kecepatan berlaku persamaan :

$$V = Dj \times Us \times exp(-Us / Um)$$
$$V = 46{,}537 \times Us \times exp(-Us / -22{,}725)$$

Hubungan Volume dan Kepadatan

Hubungan volume dan kepadatan berlaku persamaan :

$$V = Um \times D \times ln(Dj / D)$$
$$V = -22{,}725 \times D \times ln(46{,}537 / D)$$

Perhitungan Volume Maksimum

Untuk model Greenberg, volume maksimum (kapasitas) didapat dengan perhitunggan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$V_{maks} = (Um \times Dj) / exp(1) = 389{,}043 \quad smp/jam$

Model Eksponensial Underwood

Hubungan Kecepatan dan Kepadatan

Underwood mengemukakan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah eksponensial dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$Us = Uf \times exp(-D / Dm)$$

Untuk mendapatkan nilai konstanta *Uf* dan *Dm* maka persamaan di atas diubah menjadi linier $ln(Us) = ln(Uf) - D / Dm$ dengan asumsi : *y = a + bx* $\rightarrow$ dimana *y = ln (Us)*; *a = ln (Uf)*; *b = (–1/Dm)*; *x = D.* Sehingga dengan menggunakan persamaan *Least Square* diperoleh :

a = 4,191 $\rightarrow$ *Uf* = *exp (a*)= 66,111 km/jam

b = –0,054 $\rightarrow$ *Dm* = *1/b* =–18,581 smp/km

maka persamaan eksponensialnya diperoleh :

$$Us = Uf \times exp(-D / Dm)$$
$$Us = 68{,}20 \times exp(D / -15{,}05)$$

Koefisien Korelasi (*r*) :

$$r = \frac{n\,\Sigma xy - \Sigma x\,\Sigma y}{\sqrt{[n\,\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n\,\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}} = -0{,}859$$

$$r^2 = 0{,}737$$

Hubungan Volume dan Kecepatan

Hubungan volume dan kecepatan berlaku persamaan :

$$V = Dm \times Us \times ln(Uf / Us)$$
$$V = -15{,}05 \times Us \times ln(68{,}20 / Us)$$

Hubungan Volume dan Kepadatan

Hubungan volume dan kepadatan berlaku persamaan :

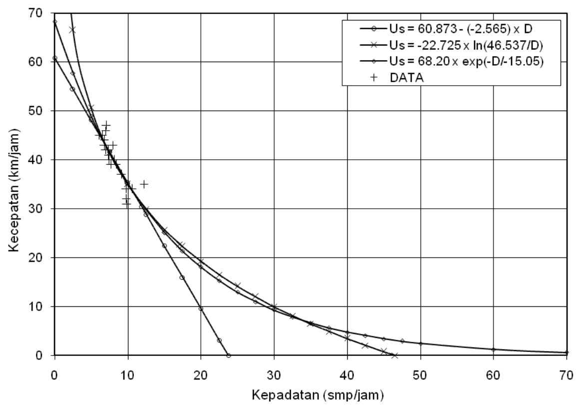
$$V = Uf \times D \times exp(-D / Dm)$$
$$V = 68{,}20 \times Us \times ln(-D / -15.05)$$

Perhitungan Volume Maksimum

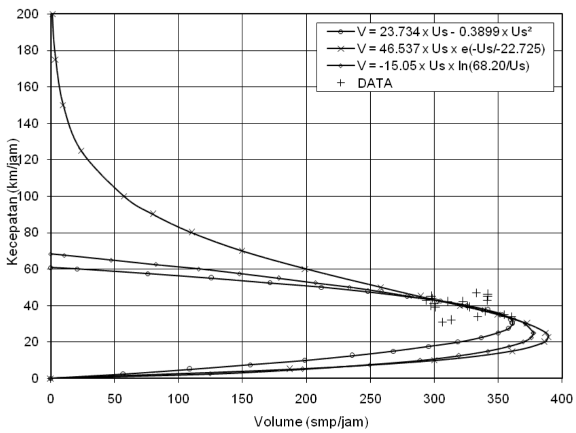
Untuk model Underwood volume maksimum (kapasitas) didapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$V_{maks} = (Dm \times Uf) / exp(1) = 377{,}705 \quad smp/jam$

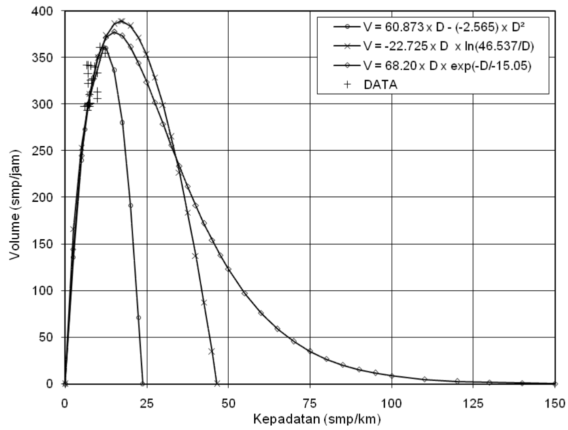
Hubungan volume, kecepatan dan kepadatan dengan menggunakan ketiga model dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 5. Kurva Hubungan Kecepatan (Us) dan Kepadatan (D) berdasarkan model *Greenshields*, *Greenberg* dan *Underwoods*



Gambar 6. Kurva Hubungan Volume (V) dan Kecepatan (Us) berdasarkan model *Greenshields*, *Greenberg* dan *Underwoods*



Gambar 7. Kurva Hubungan Volume (V) dan Kepadatan (D) berdasarkan model *Greenshields*, *Greenberg* dan *Underwoods*

PENUTUP

Kesimpulan

1. Dari ketiga model tersebut di atas dapat diketahui bahwa arus lalu lintas jalan Siliwangi didapat hubungan yang paling erat antara kecepatan dan kerapatan menggunakan model Underwood dengan nilai r = 0.879, dengan model *Us = 68.20 x exp(-D/-15.05)*, sedangkan volume tertinggi didapat dengan menggunakan model Underwood sebesar 377,705 smp/jam.
2. Dengan r = 0.859 atau D = 0.737, berarti model sebesar 73,70 % prosen dapat dipercaya menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kerapatan, sedangkan lainnya ditentukan oleh faktor lain.
3. Hubungan antara volume dan kecepatan merupakan fungsi eksponensial.
4. Hubungan antara volume dan kepadatan berdasarkan pada hasil analisis merupakan fungsi eksponensial.

Saran

Untuk mendapatkan model yang tepat diterapkan untuk melihat karakteristik arus lalu lintas pada ruas jalan Semarang - Boja, maka disarankan:

1. Perlu dicari faktor-faktor lain yang mempengaruhi kecepatan, kerapatan, dan arus lalu lintas dari jalan Siliwangi.
2. Perlu dilakukan penelitian kembali dengan jumlah dan waktu pengambilan sampel yang cukup.

DAFTAR PUSTAKA

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). 1997. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.

Morlock, E. K.. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi.* Jakarta: Erlangga.