

MODEL LALU LINTAS PADA JALAN SEMARANG – BOJA

Bambang Sugiyarto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Gedung E4, Kampus Sekarang Gunungpati Semarang 50229, Telp. (024) 8508102

Abstract: Traffic volume at street joint of Semarang - Boja increases from year to year. This matter is caused by local area growth. In order to solve this problem, traffic jam, the knowledge of concerning traffic characteristic and its relation are needed. The aims of this study is to analyze the relation models, which are involved existing traffic characteristic, i.e. volume (V), speed (S), and density (D). Survey covers the traffic volume and speed with manual count method, whilst analysis is based on Greenshield, Greenberg, and Underwood models. Result indicate that the appropriate relation V-S-D model for the street joint of Semarang – Boja correspond to the Underwood model with correlation value $r = 0.537$ and $U_s = 55.79 \times \exp(D / 54.19)$.

Keywords: relation model, greenshield, greenberg, underwood

Abstrak: Volume perjalanan lalu lintas pada ruas jalan Semarang - Boja mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal ini disebabkan perkembangan daerah ini. Untuk mengatasi masalah kemacetan lalu lintas 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. Survei 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 Semarang – Boja adalah mengikuti model *Underwood* dengan nilai $r = 0.537$, dengan model $U_s = 55,79 \times \exp(D/54,19)$.

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

PENDAHULUAN

Latar Belakang

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

Beberapa penanganan yang telah dilakukan dalam rangka mengatasi permasalahan kemacetan antara lain dengan penambahan ruas jalan baru, penambahan lebar efektif jalan, penataan jalan meliputi fungsi jalan, rambu, marka, dan lain sebagainya.

Tetapi setiap tahun permasalahan lalu lintas selalu ada dan kompleksitasnya bertambah.

Kemacetan lalu lintas timbul bukan dari satu atau dua penyebab, tidak semata karena rasio antara panjang jalan dan jumlah kendaraan yang tidak seimbang, namun berbagai faktor lain juga dominan, seperti faktor disiplin berlalu lintas, kondisi rambu dan marka, penataan fungsi jalan perkotaan yang tidak tepat, penataan ruang parkir dan sebagainya.

Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dalam kajian ini adalah untuk mengetahui:

1. Karakteristik arus lalu lintas (*flow*), kecepatan (*speed*) dan kerapatan (*density*) pada ruas jalan Semarang-Boja.
2. Mengetahui dan menganalisa hubungan antara arus lalu lintas (*flow*), kecepatan (*speed*) dan kerapatan (*density*) pada ruas jalan Semarang-Boja dengan menggunakan pendekatan: (1) Model linier *Greenshields*; (2) Model Logaritmik *Greenberg*; dan (3) Model *Eksponensial Underwood*.

Lingkup Pembahasan

Mengingat pada berbagai keterbatasan yang ada, maka dalam kajian ini dilakukan pada pembatasan lokasi amatan dan waktu amatan, yaitu pada ruas jalan Semarang Boja, dengan topografi yang relatif datar, pengaruh hambatan samping hampir tidak ada dan kondisi perkerasan baik. Substansi dalam pembahasan ini dibatasi pada aspek hubungan antara arus lalu lintas (*flow*), kecepatan (*speed*) dan kerapatan (*density*) pada ruas jalan Semarang-Boja, dengan menggunakan tiga pendekatan yaitu *Greenshields*, *Greenberg* dan *Underwood*.

STUDI PUSTAKA

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, yakni karakteristik lalu-lintas secara keseluruhan.

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 didefinisikan sebagai laju dari suatu pergerakan kendaraan dihitung 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:

$$V = U_s \times D$$

sehingga:

$$D = V / U_s$$

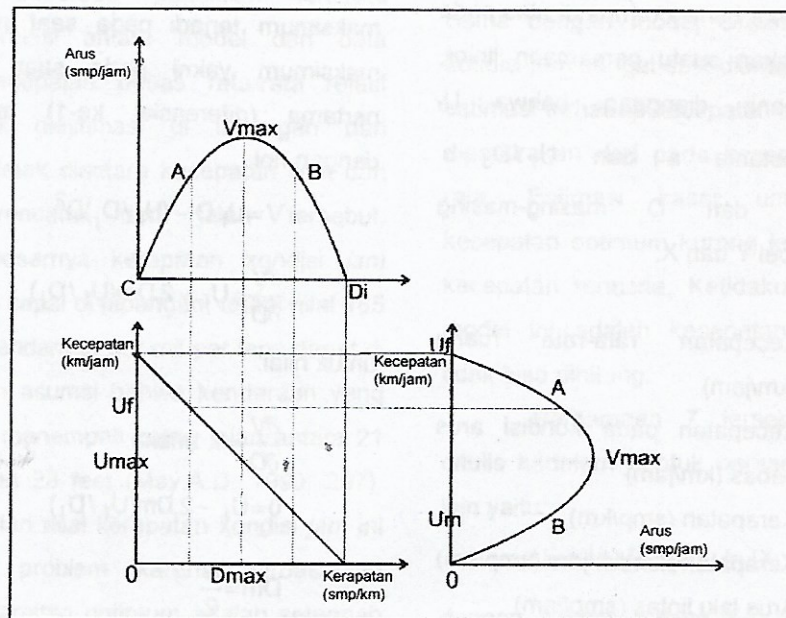
dengan:

$$V = \text{Arus}$$

$$U_s = \text{Space Mean Speed}$$

$$D = \text{Kerapatan}$$

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 pula 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:

- 1) Pada kecepatan tinggi dan kerapatan rendah (kondisi A).
- 2) Pada kecepatan rendah dan kerapatan tinggi (kondisi B).

Model Hubungan Kecepatan dengan Kerapatan

Seorang pengemudi akan cenderung menaikkan kecepatannya sebagaimana halnya jika sejumlah kendaraan sekitarnya kecepatannya naik (Gerlough dan Hubber, 1975). Dari gambaran tersebut akan terjadi dua interaksi hubungan antara kecepatan dan kerapatan.

Model Greenshield

Greenshield yang melakukan studi pada jalan-jalan di luar kota Ohio, mengusulkan hubungan linier antara kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*) yang terjadi dalam suatu lalu lintas dengan kerapatan kendaraan, dengan pendekatan rumus:

$$U_s = U_f - (U_f / D_j) D \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dapat dilihat bahwa 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 .

dengan:

- U_s = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)
- U_f = Kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam)
- D = Kerapatan (smp/km)
- D_j = Kerapatan kondisi jam (smp/km)
- V = Arus lalu lintas (smp/jam)

Kita ketahui bahwa hubungan dasar antara arus, kecepatan, dan kerapatan didasarkan pada rumus dasar:

$$V = D \cdot U_s \quad \dots\dots\dots (2)$$

Selanjutnya berdasarkan rumus di atas, dapat diturunkan rumus-rumus yang merupakan hubungan antara arus dan kecepatan dengan mensubstitusikan rumus pada persamaan 2 yang ditulis dalam bentuk lain yakni $D = V / U_s$ ke persamaan 1 sehingga menjadi:

$$V = D \cdot U_s$$

$$V = D \cdot (U_f - (U_f / D_j) D) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$V = U_f \cdot D - ((U_f / D_j) D^2) \quad \dots\dots\dots (4)$$

Rumus pada persamaan 3 dan 4 keduanya merupakan fungsi parabola (fungsi pangkat dua) dengan masing-masing merupakan $V = f(U_s)$ dan $V = f(D)$.

Harga arus maksimum dapat dicari dengan menurunkan rumus persamaan 4 terhadap kerapatan (D) dan nilai arus maksimum terjadi pada saat nilai kerapatan maksimum yakni pada saat nilai turunan pertama (diferensial ke-1) tersebut sama dengan nol.

$$V = U_f \cdot D - (U_f / D_j) D^2$$

$$\frac{\partial V}{\partial D} = U_f - 2 \cdot D_m (U_f / D_j)$$

untuk nilai:

$$\frac{\partial V}{\partial D} = 0 \text{ maka:}$$

$$0 = U_f - 2 \cdot D_m (U_f / D_j)$$

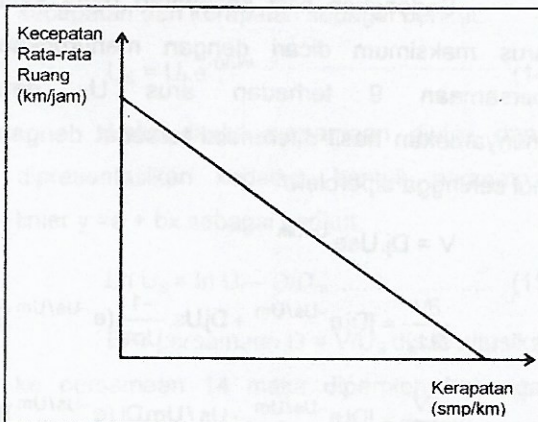
$$D_m = \frac{D}{2}$$

Nilai D_m disubstitusikan ke dalam persamaan 4 dengan kondisi V berubah menjadi V_m dan D menjadi D_m , diperoleh:

$$V_m = \frac{D_f \cdot U_f}{4} \dots\dots\dots (5)$$

dengan:

- V_m = Arus maksimum (km/jam)
- D_m = Kerapatan maksimum (smp/km)



Gambar 2. Hubungan Kecepatan - Kerapatan Greenshield

Model di atas merupakan model yang paling sederhana yang mudah untuk diterapkan, yakni dari beberapa penelitian ternyata diperoleh korelasi antara model dan data lapangan. Kecepatan bebas rata-rata relatif mudah untuk diestimasi di lapangan dan umumnya terletak diantara kecepatan limit dan kecepatan rencana dari jalan tersebut. Sebaliknya besarnya kerapatan kondisi jam sangat sulit di capai di lapangan, tetapi nilai 185 sampai 250 kendaraan per mil per lane dapat di hitung dengan asumsi bahwa kendaraan yang terhenti yang menempati ruang jalan antara 21 sampai dengan 28 feet (May,A.D, 1990: 297). Namun demikian nilai kerapatan kondisi jam ini menimbulkan problem karena berdasarkan model ini, kerapatan optimum adalah setengah dari nilai kerapatan kondisi jam yang dalam hal

ini tidak sesuai dengan nilai optimum kerapatan yang diamati yakni sebesar 40 sampai 70 kendaraan per mil per lane.

Model Greenberg

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

Rumus dasar dari *Greenberg* adalah:

$$D = c \cdot e^{bU_s} \dots\dots\dots (6)$$

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:

$$U_s = U_m \cdot \ln(D_j / D) \dots\dots\dots (7)$$

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 7 tersebut diatas dapat ditulis kedalam bentuk persamaan matematika lain yaitu:

$$U_s = U_m \cdot \ln D_j - U_m \cdot \ln D \dots\dots\dots (8)$$

dengan asumsi bahwa $Y = U_s$; $a = U_m \cdot \ln D_j$; $b = U_m$; $X = \ln D$

Hubungan antara arus dan kecepatan, diperoleh dengan mensubstitusikan nilai $D = V/U_s$ kedalam persamaan 7, sehingga diperoleh persamaan:

$$U_s = U_m \ln \frac{D_j}{V \cdot I \cdot U_s}$$

$$U_s = U_m \ln \left(\frac{D_j U_s}{V} \right)$$

$$\ln \left(\frac{D_j U_s}{V} \right) = U_s / U_m$$

$$V = D_j U_s \cdot e^{-U_s / U_m} \quad \dots\dots\dots (9)$$

Sedangkan untuk memperoleh hubungan antara arus dengan kecepatan yakni dengan mensubstitusikan nilai $U_s = V/D$ ke dalam persamaan 7 sehingga diperoleh:

$$V = U_m \cdot D \cdot \ln (D_j / D_v) \quad \dots\dots\dots (10)$$

Arus maksimum pada metode Greenberg dihitung dengan menggunakan rumus dasar:

$$V_m = D_m \cdot U_m \quad \dots\dots\dots (11)$$

Yakni bahwa arus maksimum merupakan perkalian dari kerapatan maksimum dengan kecepatan maksimum.

Nilai kerapatan pada saat arus maksimum dicari dengan menurunkan persamaan 10 terhadap kerapatan (D) dan menyamakan hasil diferensial tersebut dengan nol sehingga diperoleh:

$$V = U_m \cdot D \ln (D_j / D)$$

$$\frac{\partial V}{\partial D} = U_m \ln (D_j / D) + D \left[\frac{-D_j / D^2}{D_j / D} \right]$$

$$\frac{\partial V}{\partial D} = U_m \ln (D_j / D) - U_m$$

untuk:

$$\frac{\partial V}{\partial D} = 0, \text{ maka diperoleh:}$$

$$0 = U_m \ln (D_j / D) - U_m$$

$$0 = \ln (D_j / D) - 1$$

$$1 = \ln (D_j / D)$$

$$D_j / D = e$$

Karena terjadi pada arus maksimum maka kerapatan yang terjadi pun adalah kerapatan maksimum (D_m) sehingga:

$$D_m = D_j / e \quad \dots\dots\dots (12)$$

Sedangkan nilai kecepatan pada saat arus maksimum dicari dengan menurunkan persamaan 9 terhadap arus U_s dan menyamakan hasil diferensial tersebut dengan nol sehingga diperoleh:

$$V = D_j \cdot U_s \cdot e^{-U_s / U_m}$$

$$\frac{\partial V}{\partial U_s} = [D_j \cdot e^{-U_s / U_m} + D_j \cdot U_s \cdot \frac{-1}{U_m} \cdot (e^{-U_s / U_m})]$$

$$\frac{\partial V}{\partial U_s} = [D_j \cdot e^{-U_s / U_m} - U_s / U_m \cdot D_j \cdot (e^{-U_s / U_m})]$$

$$\frac{\partial V}{\partial U_s} = D_j \cdot e^{-U_s / U_m} [1 - U_s / U_m]$$

untuk:

$$\frac{\partial V}{\partial U_s} = 0, \text{ maka:}$$

$$0 = D_j \cdot e^{-U_s / U_m} [1 - U_s / U_m]$$

$$0 = 1 - U_s / U_m$$

$$U_s = U_m \quad \dots\dots\dots (13)$$

Dari persamaan 11, 12, dan 13 diperoleh arus maksimum:

$$V_m = D_m \cdot U_m$$

$$V_m = (D_j / e) \cdot U_m$$

$$V_m = D_j \cdot U_m / e$$

dengan:

$$U_s = \text{kecepatan rata-rata ruang (km/jam)}$$

$$U_m = \text{kecepatan maksimum (km/jam)}$$

D_j = kerapatan kondisi macet
(smp/jam)

V = arus lalu-lintas (smp/km)

Model Underwood

Model ketiga adalah yang diusulkan oleh Underwood sebagai hasil dari studi lalu-lintas pada jalan raya Merrit di Connecticut, dan mengusulkan model hubungan antara kecepatan dan kerapatan sebagai berikut:

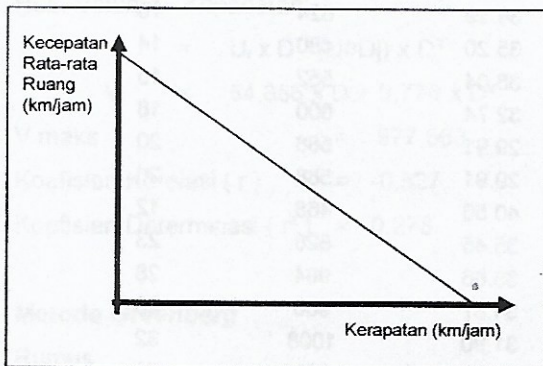
$$U_s = U_f \cdot e^{-D/D_m} \quad (14)$$

Lebih lanjut persamaan diatas dapat dipresentasikan kedalam bentuk persamaan linier $y = a + bx$ sebagai berikut:

$$\ln U_s = \ln U_f - D/D_m \quad (15)$$

Bila persamaan $D = V/U_s$ disubstitusikan ke persamaan 14 maka diperoleh hubungan antara arus dan kecepatan sebagai berikut;

$$V = D_m \cdot U_s \cdot \ln(U_f/U_s) \quad (16)$$



Gambar 3. Hubungan Kecepatan – Kerapatan Greenberg Model

Sedangkan hubungan antara arus dengan kerapatan diperoleh dengan mensubstitusikan persamaan $U_s = V/D$ ke dalam persamaan 14.

$$V_s = U_f \cdot D \cdot e^{-D/D_m} \quad (17)$$

Arus maksimum pada metode Underwood dihitung dengan menggunakan rumus dasar $V_m = D_m \cdot U_m$ yakni bahwa arus maksimum merupakan perkalian dari kerapatan maksimum dengan kecepatan maksimum.

Nilai kerapatan pada saat arus maksimum dicari dengan menurunkan persamaan 17 terhadap kerapatan (D) dan menyamakan hasil diferensial tersebut dengan nol sehingga diperoleh:

$$V = U_f \cdot D \cdot e^{-D/D_m}$$

$$\frac{dV}{dD} = U_f \cdot e^{-D/D_m} + U_f \cdot D \cdot \frac{-1}{D_m} \cdot (e^{-D/D_m})$$

$$\frac{dV}{dD} = U_f \cdot e^{-D/D_m} - D/D_m \cdot \frac{-1}{D_m} \cdot (e^{-D/D_m})$$

$$\frac{dV}{dD} = U_f \cdot e^{-D/D_m} (1 - D/D_m)$$

untuk:

$$\frac{dV}{dD} = 0, \text{ maka diperoleh:}$$

$$0 = U_f \cdot e^{-D/D_m} (1 - D/D_m)$$

$$0 = (1 - D/D_m)$$

$$D_m = D \quad (18)$$

Sedangkan nilai kecepatan pada saat arus maksimum dicari dengan menurunkan persamaan 16 terhadap arus (U_s) dan menyamakan hasil diferensial tersebut dengan nol sehingga diperoleh:

$$V = D_m \cdot U_s \ln(U_f/U_s)$$

$$\frac{dV}{dU} = D_m \cdot U_s \cdot \ln(U_f/U_s) + D_m \cdot U_s \cdot \frac{U_f/U_s}{U_f/U_s}$$

$$\frac{dV}{dU} = D_m \cdot U_s \cdot \ln(U_f/U_s) - D_m$$

$$\frac{dV}{dU} = D_m (\ln(U_f/U_s) - 1)$$

untuk:

$$\frac{dV}{dU} = 0 \text{ maka:}$$

$$0 = D_m (\ln (U_f/U_s)-1)$$

$$0 = (\ln (U_f/U_s)-1)$$

$$U_f/U_s = e$$

Karena terjadi pada kondisi maksimum maka U_s adalah U maksimum (U_m) sehingga diperoleh:

$$U_m = U_f/e \dots\dots\dots (19)$$

Dari persamaan 11, 18, dan 19 didapat arus maksimum:

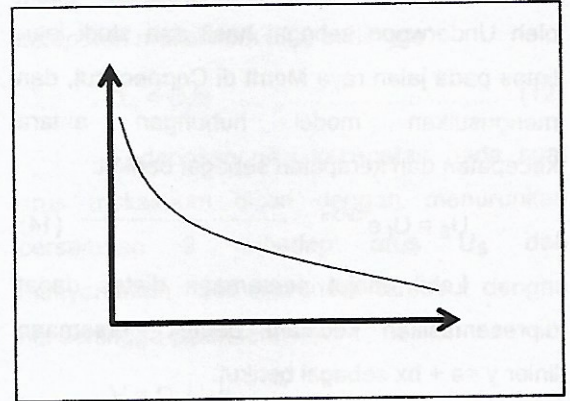
$$V_m = D_m \cdot U_m$$

$$V_m = D_m \cdot U_f/e$$

Perumusan tersebut diatas memerlukan pengetahuan tentang kecepatan rata rata arus bebas yang di dalam hal ini cukup mudah untuk diamati, sedangkan kerapatan optimum sulit

untuk diamati dan sangat jarang tergantung pada lingkungan atau fasilitas jalan.

Kelemahan lain, kecepatan pada model mencapai nilai nol dan kerapatan kondisi jam yang tidak menentukan.



Gambar 4. Hubungan Kecepatan – Kerapatan Underwood model

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Tabel 1. Hasil Penelitian

No	Jam	Waktu tempuh Rata-rata	Kecepatan	Flow	Density
1	00.00.00 - 00.05.00	1.29	34.82	552	16
2	00.05.00 - 00.10.00	1.32	34.19	624	18
3	00.10.00 - 00.15.00	1.28	35.20	480	14
4	00.15.00 - 00.20.00	1.18	38.04	552	15
5	00.20.00 - 00.25.00	1.37	32.74	600	18
6	00.25.00 - 00.30.00	1.50	29.91	588	20
7	00.30.00 - 00.35.00	1.50	29.91	588	20
8	00.35.00 - 00.40.00	1.11	40.56	468	12
9	00.40.00 - 00.45.00	1.27	35.45	828	23
10	00.45.00 - 00.50.00	1.26	35.66	984	28
11	00.50.00 - 00.55.00	1.29	34.87	900	26
12	00.55.00 - 01.00.00	1.41	31.90	1008	32
13	01.00.00 - 01.05.00	1.35	33.40	984	29
14	01.05.00 - 01.10.00	1.24	36.17	732	20
15	01.10.00 - 01.15.00	1.27	35.36	948	27
16	01.15.00 - 01.20.00	1.30	34.62	732	21
17	01.20.00 - 01.25.00	1.41	31.90	852	27
18	01.25.00 - 01.30.00	1.40	32.13	1044	32
19	01.30.00 - 01.35.00	0.87	51.72	804	16
20	01.35.00 - 01.40.00	0.86	52.33	960	18
21	01.40.00 - 01.45.00	0.88	51.23	780	15
22	01.45.00 - 01.50.00	0.86	52.49	732	14
23	01.50.00 - 01.55.00	0.87	51.90	1020	20
24	01.55.00 - 02.00.00	0.74	60.46	840	14

Analisa Data

Metode Greenshields

Rumus:

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

Diubah ke persamaan Linier :

$$Y = a + bx$$

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

$$a = \frac{\sum y}{n} - b \cdot \frac{\sum x}{n}$$

$$Y = U_s$$

$$U_f = a = 54.856$$

$$U_f/D_j = b = -0.770$$

$$D_j = U_f/b = 71.282$$

$$D_j/U_f = 1.2994$$

Persamaan Regresi:

$$U_s = U_f - (U_f/D_j) \cdot D$$

$$U_s = 54,856 + 0.770 \times D$$

Hub. Volume - Kecepatan:

$$V = D_j \times U_s - (D_j/U_f) \times U_s^2$$

$$V = 71,282 \times U_s - 1,2994 \times U_s^2$$

Hub. Volume - Kepadatan:

$$V = U_f \times D - (U_f/D_j) \times D^2$$

$$V = 54,856 \times D + 0,770 \times D^2$$

$$V \text{ maks} = 977.563$$

$$\text{Koefisien Korelasi } (r) = -0.527$$

$$\text{Koefisien Determinasi } (r^2) = 0.278$$

Metode Greenberg

Rumus:

$$U_s = U_m \cdot \ln(D_j/D)$$

Rumus diatas dapat ditulis dalam persamaan matematika yang lain, yaitu:

$$U_s = U_m \cdot \ln(D_j) - U_m \cdot \ln(D)$$

Diubah ke persamaan linier:

$$Y = a + bx$$

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

$$a = \frac{\sum y}{n} - b \cdot \frac{\sum x}{n}$$

$$a = 87.413$$

$$U_m = b = -16.224$$

$$D_j = 218.709$$

Persamaan Logaritmik:

$$U_s = U_m \cdot \ln(D_j/D)$$

$$U_s = -16.224 \times \ln(218,709/D)$$

Hub. Volume dan Kecepatan:

$$V = D_j \cdot U_s \cdot e^{-U_s/U_m}$$

$$V = 218,709 \times U_s \times e^{-U_s/(-16.224)}$$

Hub. Volume dan Kepadatan:

$$V = U_m \cdot D \cdot \ln(D_j/D)$$

$$V = -16.224 \times D \times \ln(218,709/D)$$

$$V \text{ maks} = 1305.389$$

$$\text{Koefisien Korelasi } (r) = -0.5359305$$

$$\text{Koefisien Determinasi } (r^2) = 0.287$$

Model Underwood

Rumus:

$$U_s = U_f \times e^{(D/D_m)}$$

Rumus diatas dapat ditulis ke dalam bentuk persamaan matematika yang lain, yakni:

$$\ln U_s = \ln U_f - (D/D_m)$$

Diubah ke persamaan linier:

$$Y = a + bx$$

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

$$a = \frac{\sum y}{n} - b \cdot \frac{\sum x}{n}$$

$$Y = U_s$$

$$\ln(U_f) = a = 4.022 = 55.79 \text{ km/jam}$$

$$(-1/D_m) = b = -0.018 = -54.19 \text{ smp/jam}$$

Persamaan Eksponensial:

$$U_s = U_f \cdot \exp(-D/D_m)$$

$$U_s = 55,79 \times \exp(D/54,19)$$

Hub. Volume dan Kecepatan:

$$V = D_m \cdot U_s \cdot \ln(U_f/U_s)$$

$$V = -54,79 \times U_s \times \ln(55,79/U_s)$$

Hub. Volume dan Kepadatan:

$$V = U_f \cdot D \cdot \exp(-D/D_m)$$

$$V = 55,793 \times D \times \exp(-D/54,19)$$

$$V \text{ maks} = 1112.196$$

$$\text{Koefisien Korelasi (r)} = -0.537$$

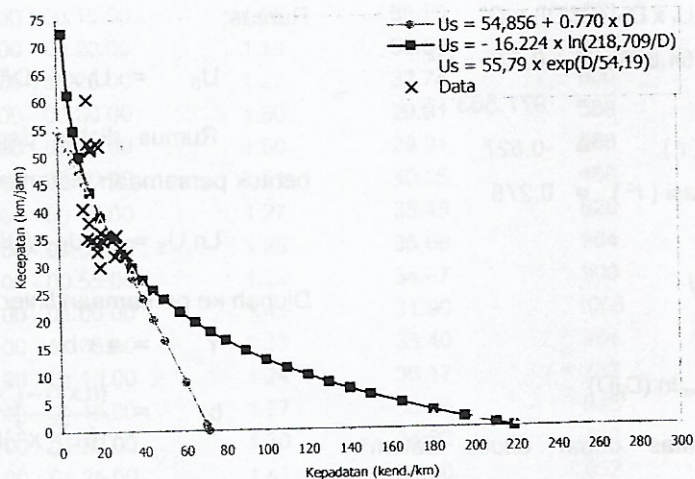
$$\text{Koefisien Determinasi (r}^2\text{)} = 0.289$$

Hubungan volume, kecepatan dan kepadatan dengan menggunakan ketiga model dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.

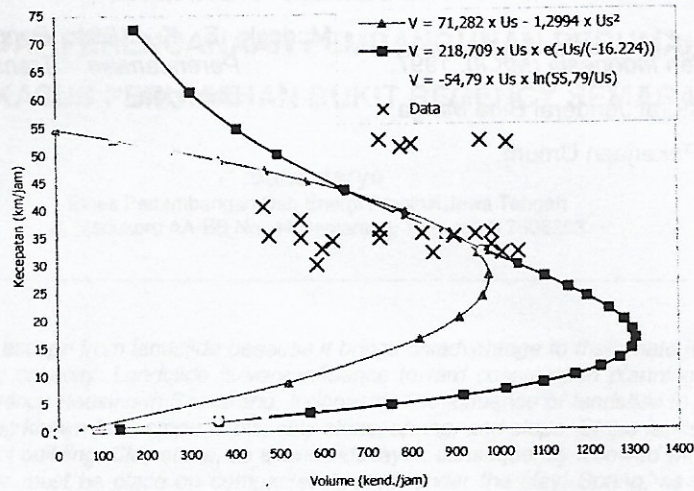
PENUTUP

Kesimpulan

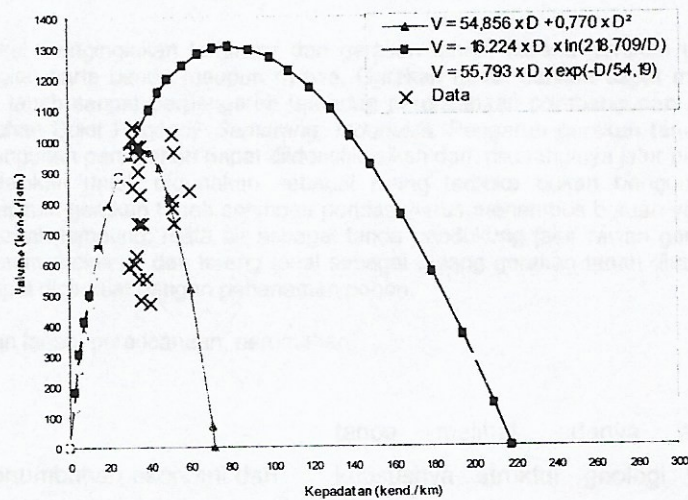
1. Dari ketiga model tersebut di atas dapat diketahui bahwa arus lalu lintas dari Semarang-Boja dan Boja-Semarang didapat hubungan yang paling erat antara kecepatan dan kerapatan menggunakan model Underwood dengan nilai $r = 0.537$, dengan model $U_s = 55,79 \times \exp(D/54,19)$, sedangkan volume tertinggi didapat dengan menggunakan model Greenberg sebesar 1.305 kendaraan/jam.
2. Dengan $r = 0.537$ atau $D = 0.2884$, berarti model sebesar 28,84 % prosen dapat dipercaya menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kerapatan, sedangkan lainnya ditentukan oleh faktor lain. Rendahnya nilai r dikarenakan beberapa hal, diantaranya: jumlah sampel kurang besar, waktu pengambilan sampel kurang tersebar.



Gambar 3. Hubungan Kecepatan (km/jam) - Kepadatan (kend./km)



Gambar 4. Hubungan Kecepatan (km/jam) - Volume (kend./jam)



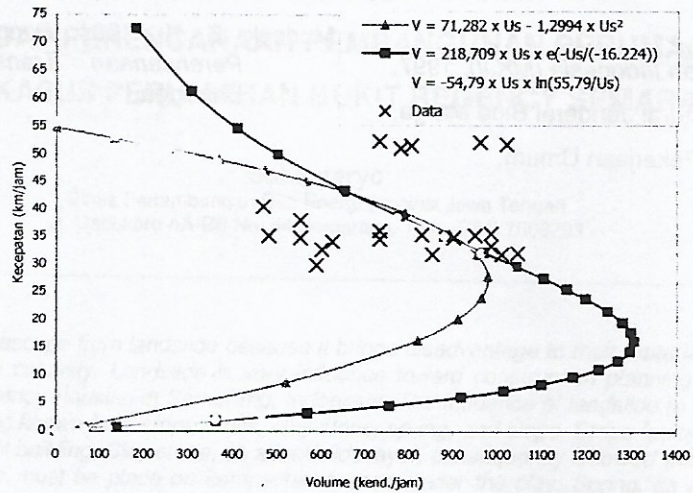
Gambar 5. Hubungan Volume (kend./jam) - Kepadatan (kend./km)

3. Namun demikian, model Underwood merupakan model yang paling tepat diterapkan untuk melihat karakteristik arus lalu lintas pada ruas jalan Semarang - Boja.
4. Hubungan antara volume dan kecepatan merupakan fungsi eksponensial.
5. Hubungan antara volume dan kepadatan berdasarkan pada hasil analisis merupakan fungsi eksponensial.

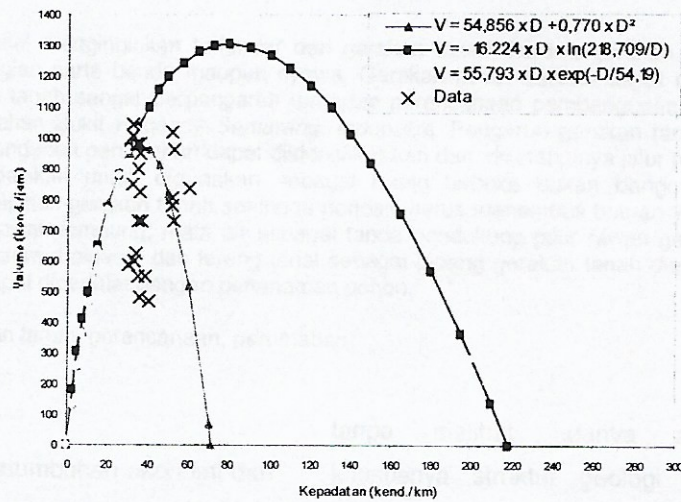
Saran

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, kepadatan, dan arus lalu lintas dari Semarang-Boja.
2. Perlu dilakukan penelitian kembali dengan jumlah dan waktu pengambilan sampel yang cukup.



Gambar 4. Hubungan Kecepatan (km/jam) - Volume (kend./jam)



Gambar 5. Hubungan Volume (kend./jam) - Kepadatan (kend./km)

3. Namun demikian, model Underwood merupakan model yang paling tepat diterapkan untuk melihat karakteristik arus lalu lintas pada ruas jalan Semarang - Boja.
4. Hubungan antara volume dan kecepatan merupakan fungsi eksponensial.
5. 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, kepadatan, dan arus lalu lintas dari Semarang-Boja.
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.