

## Analisis Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas Di Ruas Jalan Slamet Riyadi Kartasura

Hana Shofiana<sup>1)</sup>, Sumina<sup>2)\*</sup>, Suryo Handoyo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

<sup>3)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

\*Corresponding author. [hanashfn2110@gmail.com](mailto:hanashfn2110@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Traffic, Relations, Greenshield, Greenberg, Underwood

#### How to cite:

Hana Shofiana, Sumina, Suryo Handoyo (2024). Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas Di Ruas Jalan Slamet Riyadi Kartasura



### ABSTRACT

Jalan Slamet Riyadi Kartasura is a road with collector road status using a two-lane two-way flow system that connects the people of Surakarta and its surroundings if you want to go to Kartasura, Klaten, Yogyakarta and surrounding areas. Apart from planning, traffic volume, speed and density are also used to evaluate roads, whether they are said to be congested or not. A road is said to be congested if the traffic flow passing through the road section under review exceeds the planned capacity of the road, resulting in the free speed of the road section approaching 0 km/hour or even 0 km/hour, resulting in queues. The data used in this research are primary & secondary data from research results, then analyzed using three methods, namely the Greenshield, Greenberg and Underwood methods. analysis of traffic relations on Jalan Slamet Riyadi Kartasura based on the three models obtained the closest relationship between speed and density using the Greenberg model with the model  $Vs = 18,941 \ln (732,072 / D)$ . The highest volume was obtained using the Greenberg model, namely 5101.19 pcu/hour. With a value of  $r^2 = 0.874$ , it means that the suitability of the model is 87.4% with a level of confidence or convincing in describing the relationship between speed and density. The relationship between volume and speed is a logarithmic function. The relationship between volume and density is also a logarithmic function.

### 1. Pendahuluan

Tingkat kepadatan penduduk sangat mempengaruhi tingkat kebutuhan transportasi di suatu daerah. Jalan menjadi prioritas utama dalam perkembangan suatu negara sebagai sarana masyarakat untuk menjalankan aktifitasnya. Volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas selain untuk perencanaan, juga di gunakan untuk evaluasi jalan, apakah di katakan macet atau tidak. Suatu jalan di katakan macet apabila arus lalu lintas yang melewati ruas jalan yang di tinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati 0 km/jam atau bahkan menjadi 0 km/jam sehingga mengakibatkan terjadinya antrian

Jalan Slamet Riyadi Kartasura adalah jalan dengan status jalan kolektor menggunakan sistem arus dua arah dua lajur yang menghubungkan masyarakat surakarta dan sekitarnya jika ingin menuju ke kartasura, klaten yogyakarta dan sekitarnya. Ruas jalan ini merupakan salah satu pusat kuliner makanan, tempat usaha dan pendidikan sehingga banyak kendaraan yang melewati ruas jalan ini. Tujuan dari analisis penelitian ini yaitu untuk mengetahui hubungan volume, kecepatan, dan kepadatan menggunakan metode *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood*. Permasalahan di ruas Jalan Slamet Riyadi Kartasura di sebabkan oleh banyaknya kendaraan yang melintas / tingginya volume lalu lintas yang di dominasi kendaraan roda empat (mobil) dan roda dua (sepeda motor) oleh karena itu perlu di lakukan analisa pada jalan tersebut.

## 2. Tinjauan Pustaka

### A. Volume

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik tiap satuan waktu. Pada umumnya kendaraan pada ruas jalan terdiri dari berbagai komposisi kendaraan, sehingga volume lalu lintas menjadi lebih praktis jika di nyatakan dalam jenis kendaraan standar. Untuk mendapatkan volume dalam smp, maka di perlukan faktor konverensi dari berbagai macam kendaraan menjadi mobil penumpang atau emp (ekivalen mobil penumpang). Dalam MKJI 1997 edisi bahasa inggris, smp menjadi pcu (passanger car unit), sedangkan emp menjadi pce (passanger car equivalent) (Ansyori Alamsyah, 2005).

### B. Kecepatan

Kecepatan merupakan parameter utama kedua yang menjelaskan keadaan arus lalu lintas di jalan. Menurut McShane, Roess, dan Prassas (2004) kecepatan didefinisikan sebagai rasio pergerakan 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 (Timpal dkk, 2018). 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.

### C. Kepadatan

Kepadatan adalah parameter ketiga dari arus lalu lintas, dan di definisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati panjang ruas jalan tertentu atau lajur yang umumnya di nyatakan sebagai jumlah kendaraan perkilometer. Kepadatan sulit di ukur secara langsung (karena di perlukan titik ketinggian tertentu yang dapat mengamati jumlah kendaraan dalam panjang ruas jalan tertentu), sehingga besarnya di tentukan dari dua parameter sebelumnya kecepatan dan volume (Ansyori Alamsyah, 2005)

### D. 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. 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 (MKJI, 1997).

### E. 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 (MKJI, 1997).

### F. Hubungan volume kepadatan

Kepadatan adalah parameter ketiga dari arus lalu lintas, dan di definisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati panjang ruas jalan tertentu atau lajur yang umumnya dinyatakan sebagai jumlah kendaraan per kilometer. Kepadatan sulit diukur secara langsung (karena di perlukan titik ketinggian tertentu yang dapat mengamati jumlah kendaraan dalam panjang ruas jalan tertentu), sehingga besarnya di tentukan dari dua parameter sebelumnya kecepatan dan volume (Ansyori Alamsyah, 2005)

### G. Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan

Dalam ilmu teknik lalu lintas, persamaan fundamental untuk menggambarkan suatu arus lalu lintas adalah :

$$V = DxUs \tag{1}$$

Dengan :

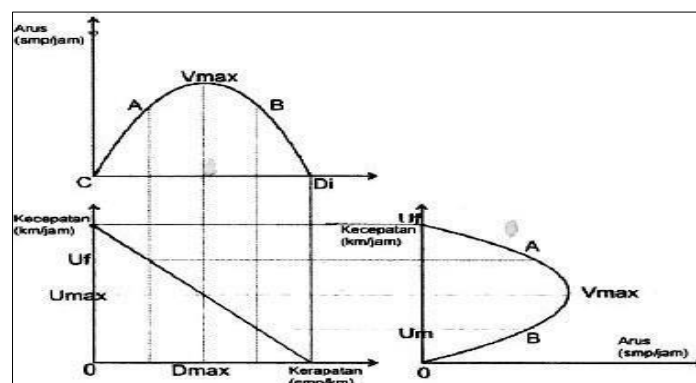
V = volume lalu lintas (kendaraan/jam)

D = kepadatan (kendaraan/jam)

Us = kecepatan rata rata (kendaraan/jam)

Hubungan dasar antara volume, kecepatan dan kepadatan tersebut dapat di gambarkan secara grafis seperti pada gambar Hubungan antara kecepatan dan kepadatan di asumsikan linier guna penyederhanaan. Jadi kecepatan akan berkurang jika kepadatan lalu lintas bertambah. Kecepatan arus bebas (*free-flow speed, Uf*) akan terjadi saat kepadatan sama dengan nol dan ketika terjadi kemacetan (*jam density, Dj*) kecepatan akan sama dengan nol.

Hubungan antara kecepatan dan volume menunjukkan bahwa dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan akan berkurang. Sampai volume maksimum tercapai. Jika kepadatan terus bertambah maka baik kecepatan atau volume akan berkurang. Jadi, kurva ini akan menggambarkan dua kondisi yang berbeda, bagian atas untuk kondisi arus yang stabil, sedangkan bagian bawah menunjukkan kondisi arus padat.



Sumber : Julianto, E.N Hubungan Antara Kecepatan, Volume, dan Kepadatan  
**Gambar 1** Hubungan Volume Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas

Sedangkan hubungan antara volume dan kepadatan memperlihatkan bahwa volume akan bertambah apabila kepadatannya juga bertambah. Volume maksimum ( $V_{maks}$ ) terjadi pada

saat kepadatan mencapai pada titik  $D_m$  (kapasitas jalur sudah tercapai). Setelah mencapai titik ini volume akan kembali menurun walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik  $D_j$ .

#### H. Model Linier Greenshields

Model paling awal yang tercatat dalam usaha mengamati perilaku arus lalu lintas. Pada 1934, *greenshields* mengadakan studi pada jalur luar kota Ohio, dengan kondisi arus lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas (*steady state condition*). *Greenshields* mendapatkan hasil bahwa hubungana antara kecepatan dan kepadatan bersifat linier. Hubungan linier kecepatan kepadatan ini menjadi hubungan yang paling populer dalam tinjauan pergerakan arus lalu lintas, mengingat fungsi hubungan yang paling sederhana sehingga mudah di terapkan. Model dapat di jabarkan sebagai berikut :

$$U_s = U_f - \left(\frac{U_f}{D_j}\right) D \quad (2)$$

Dengan

$U_s$  = kecepatan rata rata

$U_f$  = kecepatan pada arus bebas (*free-flow speed*)

$D_j$  = kecepatan pada saat macet (*jam density*)

$D$  = kepadatan rata rata

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa model ini mempunyai dua parameter tersebut masing masing dapat di nyatakan sebagai kecepatan arus bebas yang pengendara dapat memacu kendaraanya sesuai dengan kenginginannya dan kepadatan pada saat macet yang kendaraanya tidak dapat bergerak sama sekali.

Hubungan antara volume dan kepadatan di dapat dengan mengubah persamaa 2 menjadi bentuk  $U_s = V/D$  kemudian di substitusiakan ke persamaan 3 yang di hasilkan :

$$V = U_f \cdot D - (U_f / D_j) \cdot D^2 \quad (3)$$

Persamaan ini merupakan persamaan parabola  $V = f(D)$

Apabila persamaan 2 di turunkan terhadap  $D$  di peroleh sebagai berikut :

$$\frac{dV}{dD} = 0$$

$$\frac{dV}{dD} = U_f - 2 \frac{U_f}{D_j} D = 0$$

$$D = \frac{D_j}{2} \quad (4)$$

Selanjutnya :

$$V = U_f \frac{D_j}{2} - \frac{U_f}{D_j} \left(\frac{D_j}{2}\right)^2$$

$$V = \frac{U_f D_j}{2} - \frac{U_f D_j}{4}$$

$$V_{maks} = \frac{U_f D_j}{4} \quad (5)$$

Dengan  $D$  menjadi :

$$D_m = \frac{D_j}{2} \quad (6)$$

$D_m$  = kepadatan optimum saat volume mencapai maksimum ( $V_{maks}$ )

Bila  $D = V / U_s$  yang di dapat dari persamaan 2 di substitusikan ke persamaan 7 maka di dapat hubungan volume dan kecepatan yaitu :

$$V = D_j \cdot U_s - \left(\frac{D_j}{U_f}\right) \cdot U_s^2 \quad (7)$$

Persamaan ini juga merupakan fungsi parabola  $V = f(U_s)$ .

Apabila persamaan 2 di turunkan terhadap  $U_s$  di peroleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dU_s} &= 0 \\ \frac{dV}{dU_s} &= D_j - 2 \frac{D_j}{U_f} U_s = 0 \\ U_s &= \frac{U_f}{2} \end{aligned} \quad (8)$$

Selanjutnya :

$$\begin{aligned} V &= D_j - \frac{U_f}{2} - \frac{D_j}{U_f} \left(\frac{U_f}{2}\right)^2 \\ V &= \frac{D_j U_f}{2} - \frac{D_j U_f}{4} \\ V_{maks} &= \frac{U_f D_j}{4} \end{aligned} \quad (9)$$

Dengan  $U_s$  menjadi :  $U_m = \frac{U_f}{2}$

$U_s$  = kepadatan optimum saat volume mencapai maksimum ( $V_{maks}$ )

$V_{maks}$  dapat di tulis :

$$V_{maks} = \frac{D_f U_f}{4} = D_m U_m$$

Dengan kata lain,  $V_{maks}$  adalah luas segiempat yang di asir

### I. Model Logaritmik Greenbreg

Hubungan ini di dapatkan dengan mengasumsikan bahwa arus lalu lintas mempunyai kesamaan dengan arus fluida. *Greenbreg* pada 1959 mengadakan studi yang di lakukan di terowongan Lincoln dan menganalisis hubungan antara kecepatan dan kepadatan dengan menggunakan persamaan kontinuitas dari gerakan benda cair. Dengan asumsi tersebut, *Greenbreg* mendapatkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan berbentuk logaritma seperti berikut.

$$U_s = U_m \ln\left(\frac{D_j}{D}\right) \quad (10)$$

Dengan :

$U_m$  = kecepatan pada saat volume maksimum

Untuk mendapatkan nilai dua parameter  $U_m$  dan  $D_j$ , persamaan 2 terlebih dahulu di jadikan persamaan linier antara  $U_s$  dan  $\ln(D)$  menjadi berikut :

$$U_s = U_m \cdot \ln(D_j) - U_m \cdot \ln(D) \quad (11)$$

Hubungan antara volume dengan kepadatan di dapat dengan memasukkan bentuk  $U_s = V / D$  dari persamaan 2 ke persamaan 12 akan di peroleh :

$$U_s = U_m \cdot D \cdot \ln\left(\frac{D_j}{D}\right) \quad (12)$$

Dan untuk mendapatkan hubungan antar volume dan kecepatan, bentuk  $D = V / U_s$  di substitusikan ke persamaan 13 sehingga di peroleh :

$$V = U_s \cdot D_j \cdot \exp\left(-\frac{U_s}{U_m}\right) \quad (13)$$

Kelemahan dari model *Greenberg* ini tidak cocok untuk di gunakan pada kondisi kepadatan arus lalu lintas yang rendah. Hal ini dapat di lihat dengan memasukkan nilai kepadatan yang sma dengan nol ( $D = 0$ ) maka akan di dapatkan harga kecepatan, tanpa perna\h dapat mencapainya. Namun, model ini sangat cocok untuk kondisi kepadatan arus yang tinggi karena dapat menghasilkan nilai kecepatan pada saat terjadi macet total ( $D = D_j$ ) yang kecepatannya sama dengan nol ( $U_s = 0$ ).

#### J. Model Eksponensial Underwood

*Underwood* mengemukakan suatu hipotesis bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah suatu fungsi eksponensial, dengan bentuk persamaan :

$$U_s = U_f \cdot \exp\left(-\frac{D}{D_m}\right) \quad (14)$$

Untuk mendapatkan nilai  $U_f$  dan  $D_m$ , persamaan 14 di ubah menjadi persamaan linier antara  $\ln(U_s)$  dengan  $D$ . Jika persamaan 14 di atas di ambil nilai logaritmanya maka di dapatkan :

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

Jika persamaan 2.8 dalam bentuk  $U_s = V / D$  di substitusikan ke persamaan 16 maka untuk hubungan volume dan kepadatan akan di dapat :

$$V = D \cdot U_f \cdot \exp\left(-\frac{D}{D_m}\right) \quad (16)$$

Untuk mendapatkan hubungan antar volume dan kecepatan maka persamaan  $D = V / U$  di substitusikan ke persamaan 17 sehingga di peroleh :

$$V = U_s \cdot D_m \cdot \ln\left(\frac{U_f}{U_s}\right) \quad (17)$$

Model *Underwood* berlaku atau dapat di terima pada kondisi kepadatan arus lalu lintas yang rendah karena dapat menghasilkan harga kecepatan sama dengan kecepatan pada arus bebas ( $U_s = U_f$ ). Hal ini dapat dilihat dengan memasukkan nilai kepadatan sama dengan nol ( $D = 0$ )

### 3. Metode Penelitian

Metode pengambilan data di lapangan di lakukan dengan cara sebagai berikut :

#### 1. Metode Survei Volume Lalu Lintas

Pengumpul data lalu lintas di lakukan secara manual dengan mencatat pada lembar formulir survei yang di lakukan surveiyor. Teknis pelaksanaan survei di lakukan dengan menghitung jumlah kendaraan yang melintasi daerah yang sudah di tentukan sepanjang 200 meter. Aplikasi yang di gunakan untuk mencatat kendaraan bernama traffic counter.

#### 2. Metode survei kecepatan kendaraan

Metode pengumpulan data kecepatan kendaraan bebarengan dengan survei volume lalu lintas. Teknis pelaksanaan survei di lakukan dengan menentukan titik awal dan titik akhir pengambilan data sejauh 200 meter, setelah itu surveiyor menenpatkan diri di titik-titik tersebut. Untuk surveiyor pertama membawa bendera, untuk menentukan awal mulai perhitungan waktu di tandai dengan di angkatnya bendera saat kendaraan melewati depan surveiyor pertama dan untuk surveiyor kedua berada di posisi titik akhir untuk mengambil

waktu kendaraan saat sampai di depan petugas kedua dan mencatat waktu kendaraan tersebut.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

**Tabel 1** hasil perhitungan volume, kecepatan dan kepadatan

Waktu	Space Mean Speed (Vs) (km/jam)	Volume (Q) (smp/15 mnt)	Rate Of Flow (smp/jam)	Kepadatan (D) (smp/km)
1	2	3.00	4 = 3/0.25	5 = 4/2
PAGI				
06.00-06.15	33.42	971.70	3886.80	116.32
06.15-06.30	31.77	1017.20	4068.80	128.07
06.30-06.45	32.02	1049.90	4199.60	131.17
06.45-07.00	32.56	1106.90	4427.60	135.98
07.00-07.15	32.99	1128.20	4512.80	136.79
07.15-07.30	33.91	1093.65	4374.60	129.00
07.30-07.45	32.52	829.10	3316.40	102.00
07.45-08.00	33.86	1108.60	4434.40	130.95
08.00-08.15	35.91	1086.40	4345.60	121.00
08.15-08.30	35.54	1062.65	4250.60	119.58
SIANG				
11.00-11.15	43.49	860.50	3442.00	79.15
11.15-11.30	41.53	828.25	3313.00	79.78
11.30-11.45	42.15	804.35	3217.40	76.33
11.45-12.00	43.45	880.90	3523.60	81.10
12.00-12.15	42.98	917.15	3668.60	85.36
12.15-12.30	42.40	884.95	3539.80	83.49
12.30-12.45	42.99	788.85	3155.40	73.39
12.45-13.00	42.19	826.60	3306.40	78.37
SORE				
15.00-15.15	33.05	1010.00	4040.00	122.23
15.15-15.30	33.34	958.20	3832.80	114.95
15.30-15.45	34.23	1024.40	4097.60	119.70
15.45-16.00	33.01	998.10	3992.40	120.94
16.00-16.15	32.56	1010.75	4043.00	124.18
16.15-16.30	33.77	1152.60	4610.40	136.51
16.30-16.45	33.29	1062.50	4250.00	127.65
16.45-17.00	33.01	1067.30	4269.20	129.33
17.00-17.15	34.04	1059.50	4238.00	124.51
17.15-17.30	34.17	923.65	3694.60	108.13

Sumber : Data Perhitungan Pribadi

#### Metode Greenshield

#### Hubungan Antara Kecepatan Dan Kepadatan

Untuk analisis hubungan variabel volume dan kecepatan serta kepadatan menurut linier Greenshield digunakan persamaan sebagai berikut :

$$VS = Vf - (Vf / Dj ) D$$

Dimana :

VS : Kecepatan rata-rata ruang

Vf : Kecepatan rata-rata ruang keadaan arus bebas

Dj : Kepadatan pada saat macet

D : Kepadatan

Untuk mendapatkan nilai konstanta Vf dan Dj maka persamaan (2) dapat diubah menjadi persamaan linier : VS

$Y = a + bx$ , dengan memisalkan  $y = VS$  ;  $a = Vf$  ;  $b = - (Vf / Dj)$  ;  $x = D$

Data untuk perhitungan regresi linier ini selanjutnya disajikan dibawah ini :

Untuk menentukan nilai konstanta a dan koefisien regresi b digunakan persamaan :

$$b = \frac{n\sum x_1 y_1 - \sum x_1 \sum y_1}{n\sum x_1^2 - (\sum x_1)^2}$$

$$b = \frac{(28 \times 110051.40) - (3115.97 \times 1010.15)}{(28 \times 359672.52) - (3115.97)^2}$$

$$b = -0.183$$

$$a = y_1 - bx_1 \quad \text{dimana : } y_1 = \frac{\sum y_1}{n}; x_1 = \sum x_1 / n$$

$$a = 36.077 - (-0.183 \times 111.285)$$

$$a = 56.439$$

Maka

$$Vf = a = 56.439$$

$$D_j = Vf / b = 56.439 / -0.183 = 308.449 \text{ Smp/km}$$

Jadi persamaan regresinya :

$$Vs = Vf - (Vf / D_j) D$$

$$Vs = 47.642 - (47.642 / 434.937) D$$

Koefisien determinasi ( $r^2$ )

$$r = \frac{n\sum x_1 y_1 - \sum x_1 \sum y_1}{\sqrt{\{n\sum x_1^2 - (\sum x_1)^2\} \{n\sum y_1^2 - (\sum y_1)^2\}}}$$

$$r = \frac{(28 \times 110051.40) - (3115.97 \times 1010.15)}{\sqrt{\{(28 \times 359672.52) - (3115.97)^2\} \{(28 \times 359672.52) - (1010.15)^2\}}}$$

$$r = -0.923$$

Jadi koefisien determinasi ( $r^2$ )

$$r = 0.852$$

Dari koefisien determinasi yang diperoleh dari model Greenshield disimpulkan bahwa nilai r mendekati +1, maka proses regresi yang dihasilkan adalah baik berarti korelasi liniernya kecil.

### Hubungan Volume dan Kecepatan

Hubungan Volume dan Kecepatan merupakan fungsi parabolik dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$Q = D_j \cdot V_s - (D_j/V_f) V_s^2$$

$$Q = 308.45 V_s - (308.45 / 56.439) V_s^2$$

### Hubungan Volume dan Kepadatan

Hubungan Volume dan Kepadatan merupakan fungsi parabolik dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$Q = V_f \cdot D - (V_f / D_j) D^2$$

$$Q = 56.439 D - (56.439 / 308.45) D^2$$

Volume maksimum didapat dengan menggunakan persamaan :

$$Q_{maks} = \frac{D_j \times V_f}{4}$$

$$Q_{maks} = \frac{308.45 \times 56.439}{4}$$

$$Q_{maks} = 4352.170 \text{ smp/jam}$$

Kecepatan pada saat Volume maksimum didapat dengan menggunakan persamaan :

$$V_s = V_m = \frac{V_f}{2}$$

$$V_s = V_m = \frac{56.439}{2}$$

$$V_s = V_m = 28.22 \text{ km/jam}$$

### Metode Greenberg

#### Hubungan Kecepatan dan Kepadatan

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

$$A = V_m \ln(D_j/D)$$

Dimana :

$V_m$  : Kecepatan pada saat volume maksimum

$D_j$  : Kepadatan pada saat macet

Untuk mendapatkan nilai konstanta  $V_m$  dan  $D_j$  maka persamaan (10) kemudian diubah menjadi persamaan linier  $y = a + bx$  sebagai berikut :

$$V_s = V_m \ln(D_j) - V_m \ln(D)$$

Dengan memisalkan :  $y = V_s$  ;  $a = V_m \cdot \ln(D_j)$  ;  $b = -V_m$  dan  $x = \ln(D)$ .

Berdasarkan persamaan regresi di bawah ini, diperoleh :

$$b = \frac{n \sum x_1 y_1 - \sum x_1 \sum y_1}{n \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2}$$

$$b = \frac{(28 \times 4715.42) - (131.35 \times 1010.15)}{(28 \times 617.45) - (131.35)^2}$$

$$b = -18.942$$

$$a = y_1 - b \cdot x_1 \text{ dimana : } y_1 = \sum y_1 / n ; x_1 = \sum x_1 / n$$

$$a = 36.077 - (-18.942 \times 4.691)$$

$$a = 124.937$$

$$\text{Maka } V_f = a = 124.937 \text{ km/jam}$$

$$V_m = -b = 18.942$$

$$D_j = \exp(a/V_m) = \exp(124.937/18.942) = 732.032 \text{ Smp/km}$$

Maka persamaan logaritmiknya didapat :

$$V_s = V_m \ln(D_j / D)$$

$$V_s = 18.942 \ln(732.032 / D)$$

Koefisien Determinasi ( $r^2$ )

$$r = \frac{n \sum x_1 y_1 - \sum x_1 \sum y_1}{\sqrt{\{n \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2\} \{n \sum y_1^2 - (\sum y_1)^2\}}}$$

$$r = \frac{(28 \times 4715.42) - (131.35 \times 1010.15)}{\sqrt{\{(28 \times 617.45) - (131.35)^2\} \{(28 \times 36950.11) - (1010.15)^2\}}}$$

$$r = -0.935$$

Jadi koefisien determinasi ( $r^2$ )

$$r^2 = 0.874$$

Koefisien determinasi yang diperoleh dari **model Greenberg** disimpulkan bahwa nilai  $r$  mendekati +1, maka proses regresi yang dihasilkan adalah baik berarti korelasi liniernya sangat erat.

### Hubungan Volume dan Kecepatan

Hubungan Volume dan Kecepatan pada model *Greenberg* ini menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = V_s D_j \exp(-V_s/V_m)$$

$$Q = V_s 732.032 \exp(-V_s/18.942)$$

### Hubungan Volume Dan Kepadatan

Hubungan Volume Dan Kepadatan ini berlaku persamaan sebagai berikut :

$$Q = V_m D \ln(D_j/D)$$

$$Q = 18.942 D \ln(732.032 / D)$$

Volume maksimum didapat dengan menggunakan persamaan :

$$Q_{maks} = \frac{D_j \times V_f}{e} = V_m \times D_m$$

$$Q_{maks} = \frac{732.032 \times 18.942}{2,718282}$$

$$Q_{maks} = 5101.04 \text{ smp/jam}$$

(catatan : Nilai  $e = 2,718282$ )

Kecepatan pada saat Volume maksimum didapat dengan menggunakan persamaan :

$$V_s = V_m = 18.942 \text{ km/jam}$$

**Metode Underwood**

**Hubungan Antara Kecepatan Dan Kepadatan**

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

$$V_s = V_f \cdot \exp(-D/D_m)$$

Dimana :

$V_f$  : Kecepatan pada saat arus bebas

$D_m$  : Kepadatan pada saat volume maksimum

Untuk mendapatkan nilai konstanta  $V_f$  dan  $D_m$  maka persamaan kemudian diubah menjadi persamaan linier sebagai berikut :

$$\ln(V_s) = \ln(V_f) - (-D/D_m)$$

asumsi  $y = a + bx$

dengan memisalkan :  $y = \ln V_s$  ;  $a = \ln(V_f)$  ;  $b = -1/D_m$  dan  $x = D$

Data untuk perhitungan regresi linier ini disajikan pada tabel 4.23 berikut ini :

Dari persamaan regresi berikut, diperoleh :

$$b = \frac{n\sum x_1 y_1 - \sum x_1 \sum y_1}{n\sum x_1^2 - (\sum x_1)^2}$$

$$b = \frac{(28 \times 11089.67) - (3115.97 \times 100.21)}{(28 \times 35967.52) - (3115.97)^2}$$

$$b = -0,005$$

$$a = y_1 - b \cdot x_1 \quad \text{dimana : } y_1 = \sum y_1 / n = 3.579$$

$$x_1 = \sum x_1 / n = 111.285$$

$$a = 3.579 - (-0,005 \times 111.285)$$

$$a = 4.12$$

Maka

$$a = 4.12$$

$$b = -0,005$$

$$V_f = \exp(a) = 61.474 \text{ km/jam}$$

$$D_m = -1/b = 206.25 \text{ km/jam}$$

Maka persamaan eksponensialnya diperoleh:

$$V_s = V_f \cdot \exp(-D/D_m)$$

$$V_s = 61.474 \cdot \exp(-D/206.25)$$

Koefisien Determinasi ( $r^2$ )

$$r = \frac{n\sum x_1 y_1 - \sum x_1 \sum y_1}{\sqrt{\{n\sum x_1^2 - (\sum x_1)^2\} \{n\sum y_1^2 - (\sum y_1)^2\}}}$$

$$r = \frac{(28 \times 11089.67) - (3115.97 \times 100.21)}{\sqrt{\{(28 \times 35967.52) - (3115.97)^2\}\{(28 \times 359.03) - (100.21)^2\}}}$$

$$r = -0.921$$

Jadi koefisien determinasi ( $r^2$ )

$$r = 0.848$$

Koefisien determinasi yang diperoleh dari model *Underwood* disimpulkan bahwa nilai  $r$  mendekati +1, maka proses regresi yang dihasilkan adalah baik berarti korelasi liniernya baik.

### Hubungan Volume Dan Kecepatan

Pada hubungan volume dan kecepatan model *Underwood* ini berlaku persamaan sebagai berikut :

$$Q = V_s D_s \ln(V_f/V_s)$$

$$Q = V_s 206.25 \ln(61.47/V_s)$$

### Hubungan volume dan kepadatan

Hubungan volume dan kepadatan berlaku persamaan berikut :

$$Q = D V_f \exp(-D/D_m)$$

$$Q = D 61.47 \exp(-D/206.25)$$

Volume maksimum ( $Q_{maks}$ ) didapat dengan menggunakan persamaan :

$$Q_{maks} = \frac{D_m \times V_f}{e}$$

$$Q_{maks} = \frac{206.25 \times 61.47}{2,718282}$$

$$Q_{maks} = 4664.46 \text{ smp/jam} \quad (\text{catatan : Nilai } e = 2,718282)$$

Kecepatan pada saat Volume maksimum didapat dengan menggunakan persamaan :

$$V_m = \frac{V_f}{e}$$

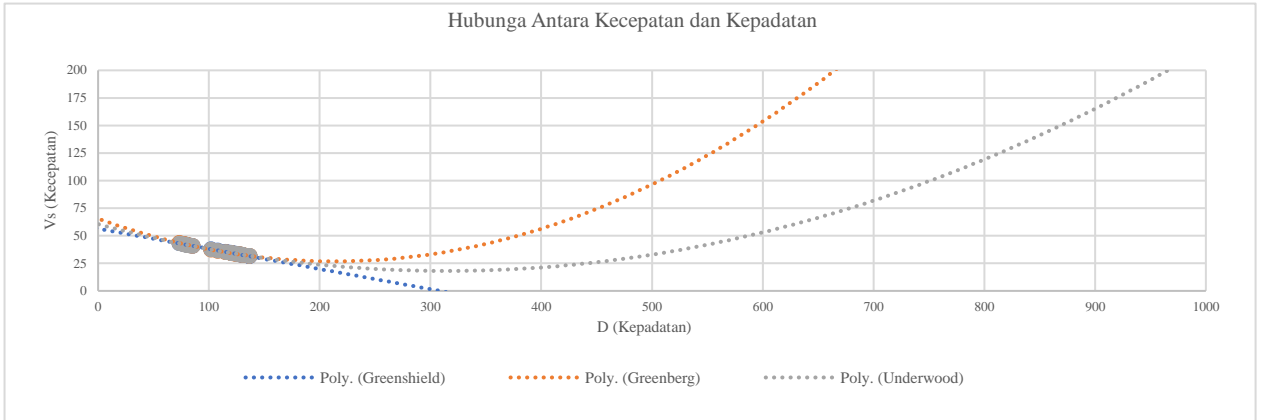
$$V_m = \frac{61.47}{2,718282}$$

$$V_m = 22.62 \text{ km/jam}$$

**Tabel 2** Rekapitulasi Ketiga Model

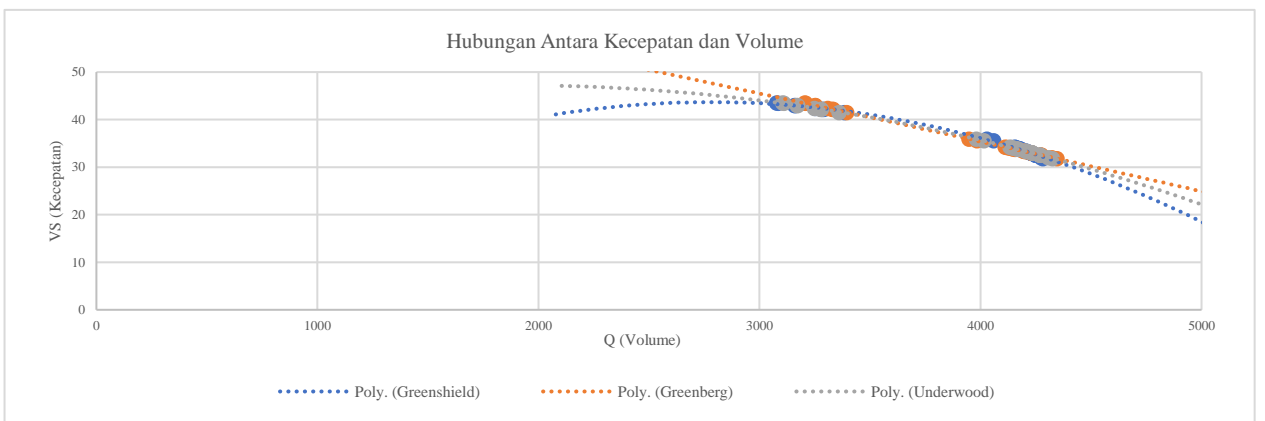
Variabel	Satuan	Model		
		Greenshield	Greenberg	Underwood
Volume Maksimum ( $Q_{maks}$ )	smp/jam	4352.17	5101.04	4664.46
Kecepatan Bebas ( $V_f$ )	km/jam	56.439	124.937	61.47
Kecepatan Maksimum ( $V_m$ )	km/jam	28.22	18.942	22.62
Kepadatan Maksimum ( $D_j$ )	smp/km	308.449	732.032	206.25
Koefisien Determinan ( $r^2$ )	-	0.852	0.874	0.848

Sumber : Data Perhitungan Pribadi



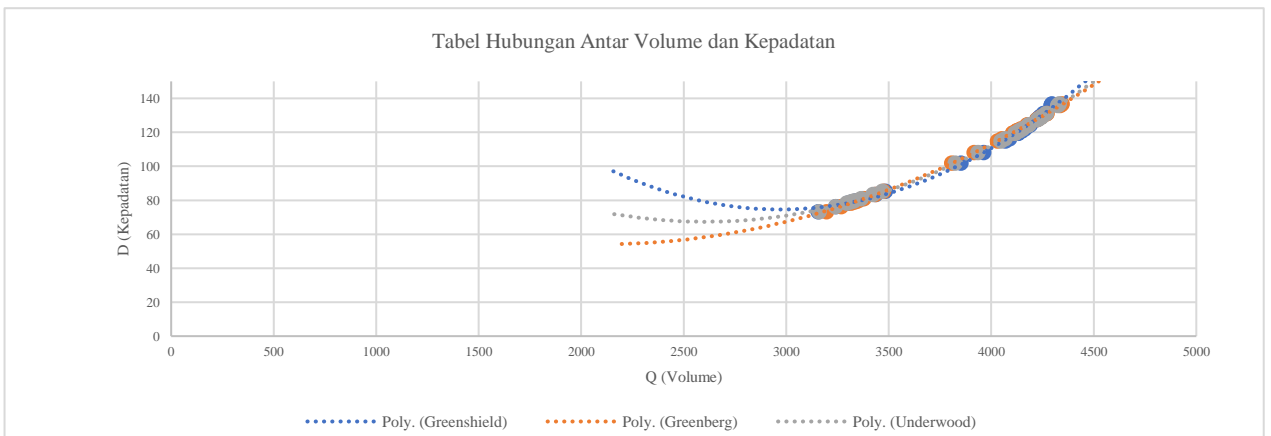
Sumber : Data Perhitungan Pribadi

**Gambar 2** grafik hubungan kecepatan dan kepadatan



Sumber : Data Perhitungan Pribadi

**Gambar 3** grafik hubungan kecepatan dan volume kecepatan



Sumber : Data Perhitungan Pribadi

**Gambar 4** grafik hubungan volume dan kepadatan

## 5. Kesimpulan

Arus lalu lintas jalan slamet riyadi kartasura Berdasarkan hubungan volume, kecepatan, dan kepadatan menggunakan metode Greenshield dengan model  $V_s = 56.439 - (56.439 / 308.449) D$  dengan nilai  $r = 0.852$ , metode Greenberg dengan model  $V_s = 18.942 - D \cdot \ln(732.032 / D)$  dengan nilai  $r = 0.874$  dan model Underwood dengan model  $V_s = 18.917 \ln(734,060/D)$  dengan nilai  $r = 0.848$ . Jadi berdasarkan ketiga model tersebut di dapat kesesuaian model terbesar dengan menggunakan metode Greenberg dengan kesesuaian model sebesar 87.40 %.

## Referensi

- Akbardin, J. (2013). Kajian Hubungan Volume, Kecepatan, Dan Kepadatan Lalu Lintas Model Underwood (Studi Kasus Jalan Lingkar Luar Kota Demak). *Jurnal Rekayasa Sipil*, 16–27.
- Ansyori Alamsyah, A. (2005). *Rekayasa Laku Lintas* (S. Amien, Ed.; Vol. 1). Umm.
- Bagus Wirahaji, H., Laintarawan, I. P., & Artana, I. W. (2022). *Model Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Jalan Perkotaan*. 44–51.
- Direktorat Jendral Bina Marga, D. P. U. R. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*.
- Fitriana Radam, I., & Muhammad Arsyad, Dan. (2013). Analisis Karakteristik Lalu Lintas Berdasarkan Tata Guna Lahan (Studi Kasus Ruas Jalan Temanggung Tilung Palangkaraya) Kata Kunci: Tata Guna Lahan, Karakteristik Lalu Lintas, Model Greenshields, Model Greenberg, Model Underwood. Dalam *Jurnal Teknologi Berkelanjutan (Sustainable Technology Journal) Available On* (Vol. 2, Nomor 2). [Http://jtb.Ulm.Ac.Id](http://jtb.Ulm.Ac.Id)
- Irfan Syah, A., Sumina, & Susila, H. (2023). Relationship Analysis Of Volume, Speed And Traffic Density On Solo-Purwodadi Road. Dalam *Journal Of Civil Engineering And Infrastructure Technology* (Vol. 1, Nomor 1).
- Juanda, A., Isya, M., & Fadhly, N. (2019). Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Dengan Model Greenshields, Greenberg, Dan Underwood Pada Ruas Jalan Luar Kota Kawasan Gunung Geurutee. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 2(4), 287–293. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v2i4.14945>
- Nugroho Julianto, E. (2010). Hubungan Antara Kecepatan, Volume Dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi Semarang. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 1–10.
- Nurinda Abdi, G., Priyanto, S., & Malkamah, S. (2019). Hubungan Volume Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman. *Teknisia*, 1–10.
- Sanjaya Yudi, Lubis Kamaluddin, & Lubis Marwan. (2017). Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Terhadap Kinerja Ruas Jalan. *Journal Of Civil Engineering, Building And Transportation*, 54–61.
- Saputra, B., & Savitri, D. (2021). Analisis Hubungan Antara Volume Analisis Of The Relationship Between Volume, Speed And Density Of Traffic Based On The Greenshield, Greenberg And Underwood Models. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 5(1).
- Tamin, O. Z. (2019). Hubungan Volume, Kecepatan, Dan Kepadatan Lalulintas Di Ruas Jalan H.R. Rasuna Said (Jakarta). *Jurnal Teknik Sipil*, 1–10.