

HUBUNGAN VOLUME, KECEPATAN DAN KEPADATAN RUAS JALAN OTTO ISKANDAR DINATA BANDUNG

Hetty Fadriani¹

¹teknik sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala

Abstrak

Volume lalu lintas pada ruas Jalan Otto Iskandar Dinata yang berada di kawasan perdagangan Kota Bandung semakin meningkat. Untuk mengatasi masalah kemacetan yang sering terjadi maka diperlukan informasi karakteristik kemampuan ruas jalan dalam menampung arus lalu lintas serta perilaku pergerakan arus lalu lintas pada ruas jalan tersebut. Parameter utama yang sangat mempengaruhi karakteristik operasional arus lalu lintas adalah volume (V), kecepatan (S) dan kepadatan (D). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model yang paling sesuai yang merepresentasikan hubungan matematis ketiga parameter tersebut dengan menggunakan model Greenshields, model Greenberg, dan model Underwood di Jalan Otto Iskandar Dinata Bandung. Data primer berupa volume lalu lintas dan waktu tempuh dikumpulkan melalui survei lapangan pada hari Senin dan Minggu mulai pukul 07.00 WIB sampai dengan pukul 17.00 WIB. Hasil analisis hubungan volume, kecepatan dan kepadatan dan uji statistik koefisien determinasi (R^2) pada hari Senin dan Sabtu menunjukkan bahwa model Greenberg merupakan model yang paling sesuai untuk jalan ini. Volume lalu lintas maksimum pada hari Senin sebesar 2268,55 smp/jam dapat dicapai pada saat kepadatan 154,623 smp/km yang bergerak dengan kecepatan 14,67 km/jam. Sedangkan pada hari Sabtu, volume maksimum 2832,352 smp/jam dapat dicapai pada saat kepadatan 208,223 smp/km yang bergerak dengan kecepatan 13,603 km/jam.

Kata Kunci: volume, kecepatan, kepadatan, Greenshields, Greenberg, Underwood.

Abstract

The traffic volume on Jalan Otto Iskandar Dinata is increasing because it is located in the trading area of Bandung City. To solve the problem of congestion that often occurs, information on the characteristics of the road segment's ability to accommodate traffic flow is required as well as the behavior of traffic flow movements on these roads. The main parameters that greatly influence the operational characteristics of traffic flow are volume (V), speed (S) and density (D). This study aims to find the most suitable model that represents the mathematical relationship of the three parameters using the Greenshields model, Greenberg's model, and the Underwood model. Primary data in the form of traffic volume and travel time were collected through field surveys on Monday and Sunday from 07.00 to 17.00. The results of the analysis of the relationship between volume, speed and density and the statistical test of the coefficient of determination (R^2) on Monday and Saturday show that the Greenberg model is the most suitable model for this road. The maximum traffic volume on Monday is 2268.55 pcu/hour which can be reached when the density is 154.623 pcu/km moving at a speed of 14.67 km/hour. Meanwhile, on Saturday, the maximum volume of 2832,352 pcu/hour can be achieved when the density is 208,223 pcu/km moving at a speed of 13.603 km/hour.

Keywords: volume, speed, density, Greenshields, Greenberg, Underwood.

1. PENDAHULUAN

Teori mengenai pergerakan arus lalu lintas sangat penting dalam perancangan, perencanaan dan penetapan kebijaksanaan sistem transportasi. Teori ini akan menjelaskan mengenai kualitas dan kuantitas arus lalu lintas sehingga dapat diterapkan pemilihan model yang paling tepat untuk ruas jalan yang ditinjau menggunakan metode pendekatan matematis dan fisis.

Secara teoritis terdapat hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan yang dapat dihitung menggunakan berbagai model. Jika volume lalu lintas pada suatu ruas jalan meningkat maka kecepatan yang terjadi pada ruas jalan tersebut akan berkurang. Hubungan ini dapat digunakan sebagai pedoman untuk menentukan nilai kapasitas jalan dalam kondisi ideal sebagai dasar untuk menetapkan manajemen lalu lintas di suatu wilayah.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis model yang paling sesuai untuk hubungan volume, kecepatan dan kepadatan pada ruas jalan Otto Iskandar Dinata menggunakan model Greenshields, Greenberg dan Underwood.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Jalan Otto Iskandar Dinata Bandung dengan karakteristik jalan 3 lajur satu arah (3/1) yang berada di kawasan perdagangan. Pengambilan data volume dan waktu tempuh dilaksanakan pada hari Senin dan Sabtu selama masing-masing 10 jam.

Variabel utama yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik arus lalu lintas adalah arus (*Volume*), kecepatan (*Speed*) dan kepadatan (*Density*).

Volume (*V*) merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik

tertentu pada suatu ruas jalan per satuan waktu yang dinyatakan dengan kendaraan per jam. Arus lalu lintas yang bergerak di lapangan sangat beragam. Keberagaman tersebut membentuk karakteristik lalu lintas yang perlu disesuaikan dengan jenis kendaraan yang digunakan. Satuan kendaraan ringan (*skr*) dapat menyatakan ekuivalensi pengaruh setiap jenis kendaraan terhadap jenis kendaraan penumpang. Ekuivalen kendaraan ringan (*ekr*) [1] yang dipakai menggunakan PKJI 2014 seperti Tabel 1.

Tabel 1. Ekuivalen Kendaraan Ringan Untuk Jalan Satu Arah di Perkotaan

No.	Jenis Kendaraan	ekr
1.	Kendaraan ringan	1,2
2.	Sepeda Motor	0,25

Kecepatan (*S*) merupakan jarak yang dapat ditempuh oleh suatu kendaraan per satuan waktu yang dinyatakan dengan kilometer per jam. Sedangkan kepadatan (*D*) merupakan jumlah kendaraan per satuan panjang jalan yang dinyatakan dengan kendaraan per kilometer.

Hubungan dasar antara ketiga variabel tersebut dinyatakan dengan persamaan (1).

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

dengan:

V = arus (kendaraan/jam)

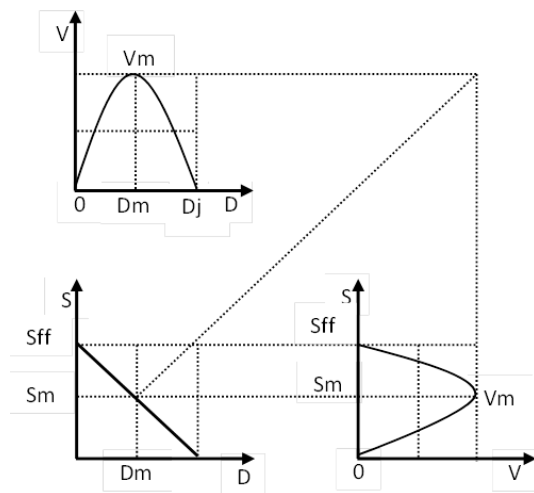
D = kepadatan (kendaraan/km)

S = kecepatan (km/jam)

Bentuk umum hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan (*S-D*), hubungan arus dengan kepadatan (*V-D*), hubungan arus dengan kecepatan (*V-S*) disampaikan pada Gambar (1) dengan:

V_m = kapasitas atau volume maksimum

- S_m = kecepatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum (km/jam)
- D_m = kepadatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum (kend/km), (skr/km)
- D_j = kepadatan pada kondisi volume lalu lintas macet total (kend/km), (skr/km)
- S_{ff} = kecepatan pada kondisi volume lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati nol atau kecepatan arus bebas (km/jam)



Gambar 1. Grafik Hubungan Volume (V), Kecepatan (S) dan Kepadatan (D)

2.1 Hubungan volume (V) dan kecepatan (S)

Pada saat volume lalu lintas terus meningkat maka kecepatan akan terus berkurang sampai kepadatan kritis (D_m) dan volume maksimum (V_m) tercapai saat kecepatan (S_m). Setelah kepadatan kritis tercapai maka kecepatan rata-rata dan volume akan berkurang.

2.2 Hubungan volume (V) dan kepadatan (D)

Kepadatan akan meningkat apabila volume terus meningkat. Volume

maksimum (V_m) tercapai pada saat kepadatan (D_m). Pada saat volume maksimum tercapai maka kapasitas jalan sudah tercapai.

2.3 Hubungan kecepatan (S) dan kepadatan (D)

Jika kepadatan lalu lintas bertambah maka kecepatan akan berkurang. (Tamin, 2003). Kecepatan arus bebas akan terjadi pada saat kepadatan bernilai nol. Kemacetan terjadi pada saat kepadatan (D_j) dan kecepatan bernilai nol.

2.4 Model Greenshields

Menurut Tamin (2008), Greenshields menyatakan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan diasumsikan linier. Hubungan tersebut disampaikan pada persamaan (2). Selanjutnya, hubungan antara volume dengan kepadatan dapat diturunkan menggunakan persamaan (1). Dengan memasukkan persamaan (2) ke persamaan (2) maka didapat persamaan (4).

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} D \dots\dots\dots (2)$$

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

$$V = D \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} D^2 \dots\dots\dots (4)$$

$$D_m = \frac{D_j}{2} \dots\dots\dots (5)$$

$$V_m = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} \dots\dots\dots (6)$$

$$S_m = \frac{S_{ff}}{2} \dots\dots\dots (7)$$

Persamaan (2) dapat disederhanakan sebagai persamaan linier $Y_i = A + B X_i$ dengan asumsi $S = Y_i$ dan $D = X_i$. Konstanta A dan B dihitung menggunakan persamaan (29) dan (30). Pada akhirnya didapat nilai:

$$S_{ff} = A \dots\dots\dots (8)$$

$$D_j = -\frac{A}{B} \dots\dots\dots (9)$$

Sehingga untuk model Greenshields didapat kesimpulan bahwa volume maksimum (6) dapat dicapai pada saat kecepatan (7) dan kepadatan (5).

2.5 Model Greenberg

Tamin (2008) menyatakan bahwa Greenberg mengasumsikan hubungan matematis antara kecepatan dengan kepadatan bukan merupakan fungsi linier melainkan fungsi eksponensial. Persamaan dasar yang digunakan dinyatakan dengan persamaan berikut.
 $D = C \cdot e^{bS}$ (10)

Dengan C dan e merupakan konstanta.

$$B = \frac{1}{b} \dots\dots\dots (11)$$

$$A = -\frac{\ln C}{b} \dots\dots\dots (12)$$

$$C = e^{\frac{-A}{B}} \dots\dots\dots (13)$$

$$\ln D = \ln C + b S \dots\dots\dots (14)$$

$$S = \frac{\ln D}{b} - \frac{\ln C}{b} \dots\dots\dots (15)$$

$$V = \frac{D \ln D}{b} - \frac{D \ln C}{b} \dots\dots\dots (16)$$

$$Dm = e^{\ln C - 1} \dots\dots\dots (17)$$

$$Vm = \frac{C}{b \cdot e} \dots\dots\dots (18)$$

$$V = S \cdot C \cdot e^{bS} \dots\dots\dots (19)$$

$$Sm = -\frac{1}{b} \dots\dots\dots (20)$$

Volume maksimum (18) dapat dicapai pada saat kecepatan (20) dan kepadatan (17).

2.6 Model Underwood

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kecepatan dengan kepadatan bukan merupakan fungsi linier melainkan fungsi logaritmik. Persamaan dasar yang digunakan dinyatakan dalam persamaan-persamaan berikut.

$$S = Sff \cdot e^{-\frac{D}{Dm}} \dots\dots\dots (21)$$

$$V = D \cdot Sff \cdot e^{-\frac{D}{Dm}} \dots\dots\dots (22)$$

$$S = Sff \cdot e^{-\frac{V}{S \cdot Dm}} \dots\dots\dots (23)$$

$$V = S \cdot Dm (\ln \cdot Sff - \ln \cdot S) \dots\dots (24)$$

$$Sm = e^{\ln \cdot Sff - 1} = \frac{Sff}{e} \dots\dots\dots (25)$$

$$Vm = \frac{Dm \cdot Sff}{e} \dots\dots\dots (26)$$

$$Dm = -\frac{1}{B} \dots\dots\dots (27)$$

Untuk model Underwood dapat disimpulkan bahwa volume maksimum (26) akan dicapai pada saat kondisi kecepatan (25) dan kepadatan (27).

2.7 Analisis Regresi Linier

Regresi linear dalam ilmu statistika merupakan sebuah pendekatan untuk memodelkan hubungan antara variabel tidak bebas (Y) dan satu atau lebih variabel bebas yang disebut X.

Pada model ini terdapat peubah tidak bebas (y) yang mempunyai hubungan fungsional dengan satu atau lebih peubah bebas (xi). Hubungan secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan (28).

$$Y_i = A + B X_i \dots\dots\dots (28)$$

dengan:

Yi = peubah tidak bebas

Xi = peubah bebas

A = konstanta regresi

B = koefisien regresi

Konstanta A dan B dicari dengan menggunakan persamaan (29) dan persamaan (30) dengan jumlah data (n).

$$A = \frac{(\sum Y_i) \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i) \cdot (\sum X_i \cdot Y_i)}{n (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \dots\dots\dots (29)$$

$$B = \frac{n \cdot (\sum X_i \cdot Y_i) - (\sum X_i) (\sum Y_i)}{n (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \dots\dots\dots (30)$$

2.8 Koefisien Determinasi (R²)

Koefisien determinasi (R²) digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel X dan variabel Y dinyatakan dengan persamaan (31). Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 sampai 1, semakin tinggi mendekati

angka 1 maka korelasi antar variabel tersebut semakin baik. Analisis koefisien determinasi digunakan untuk menentukan model terbaik yang dapat mewakili setiap hubungan matematis antar parameter.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(\hat{Y}_i - Y_i)^2}{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2} \dots\dots\dots (31)$$

dengan:

Y_i = nilai estimasi (pemodelan)

\hat{Y}_i = nilai hasil observasi (pengamatan)

\bar{Y} = rata-rata hasil observasi (pengamatan)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas di Jalan Otto Iskandar Dinata sebagai hasil survei pada hari Senin dan Sabtu disampaikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Perhitungan volume dilakukan dengan mengkonversikan jumlah kendaraan yang disurvei sesuai jenisnya dengan nilai ekivalen kendaraan ringan seperti Tabel 1. Kepadatan dihitung menggunakan persamaan (2) yaitu membandingkan volume dengan kecepatan.

Tabel 2. Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Hari Senin

SENIN			
Waktu	Volume (smp/jam)	Kecepatan (km/jam)	Kepadatan (smp/km)
07.00-08.00	1002	41,29	24,27
08.00-09.00	1280	42,75	29,93
09.00-10.00	1296	35,02	37,00
10.00-11.00	1658	24,61	67,36
11.00-12.00	1918	21,40	89,60
12.00-13.00	1815	15,91	114,06
13.00-14.00	2147	19,32	111,11
14.00-15.00	2207	19,12	115,45
15.00-16.00	2585	12,12	213,27
16.00-17.00	2571	13,95	184,32

Kondisi lalu lintas pada hari Senin menunjukkan volume tertinggi terjadi pada sore hari pukul 15.00-16.00 sebesar 2.585 smp/jam dengan kecepatan 12,12 km/jam dan kepadatan 213,27 skr/km dengan kondisi macet. sedangkan volume terendah terjadi pada pagi hari pukul 07.00-08.00 sebesar 1.002 smp/jam dengan kecepatan 42,75 km/jam dan kepadatan 24,27 kend/km.

Tabel 3. Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Hari Sabtu

SABTU			
Waktu	Volume (smp/jam)	Kecepatan (km/jam)	Kepadatan (smp/km)
07.00-08.00	1042	41,08	25,37
08.00-09.00	1552	36,86	42,12
09.00-10.00	1901	31,30	60,73
10.00-11.00	2518	20,37	123,62
11.00-12.00	3242	13,41	241,79
12.00-13.00	2787	11,81	235,96
13.00-14.00	2144	13,23	162,06
14.00-15.00	2498	15,26	163,72
15.00-16.00	2993	14,19	210,91
16.00-17.00	2992	20,05	149,20

Tabel 3 menunjukkan kondisi lalu lintas pada hari Sabtu dengan volume tertinggi terjadi pada pukul 11.00-12.00 sebesar 3.242 smp/jam dengan kecepatan 13,41 km/jam dan kepadatan 241,79 skr/km dengan kondisi macet. sedangkan volume terendah terjadi pada pukul 07.00-08.00 sebesar 1.042 smp/jam dengan kecepatan 41,08 km/jam dan kepadatan 25,37 kend/km.

Kondisi lalu lintas pada hari Senin lebih ramai terjadi pada sore hari sedangkan pada hari Sabtu kondisi lalu lintas lebih ramai pada siang hari. Hal ini dapat disebabkan oleh aktivitas pengguna jalan di kawasan perdagangan dipengaruhi oleh hari kerja [2].

Hubungan matematis dari parameter volume, kecepatan dan kepadatan untuk model Greenshields, model Greenberg dan model Underwood pada hari Senin disampaikan pada Tabel 4 sedangkan hubungan matematis dari parameter volume, kecepatan dan kepadatan untuk model Greenshields, model Greenberg dan model Underwood pada hari Sabtu disampaikan pada Tabel 5 .

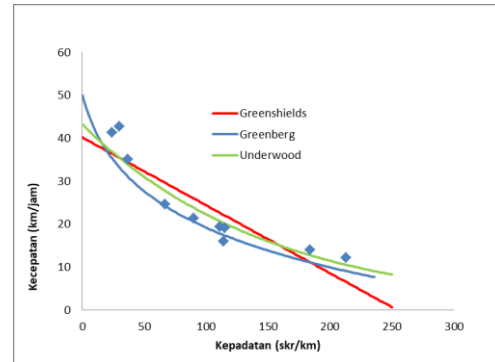
Tabel 4. Hubungan Karakteristik Volume, Kecepatan dan Kepadatan pada hari Senin

Hubungan Karakteristik	Model Hubungan
Model Greenshields	
S-D	$S = 40,15 - 0,158 D$
V-D	$V = 40,15D - 0,158 D^2$
V-S	$V = 253,831 S - 6,322 S^2$
Model Greenberg	
S-D	$S = 88,643 - 14,674 \text{Ln}D$
V-D	$V = 88,643D - 14,674 D \text{Ln}D$
V-S	$V = 420,31 S e^{-0,068 S}$
Model Underwood	
S-D	$S = 43,184 e^{(-0,00664 D)}$
V-D	$V = 43,184 D e^{(-0,00664 D)}$
V-S	$V = 567,3073 S - 150,6607 S \text{Ln}S$

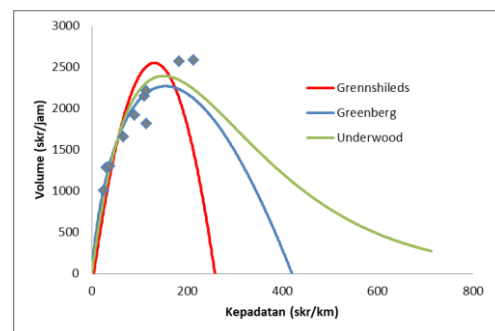
Tabel 5. Hubungan Karakteristik Volume, Kecepatan dan Kepadatan pada hari Sabtu

Hubungan Karakteristik	Model Hubungan
Model Greenshields	
S-D	$S = 40,10 - 0,1296 D$
V-D	$V = 40,10 D - 0,1296 D^2$
V-S	$V = 309,416 S - 7,716 S^2$
Model Greenberg	
S-D	$S = 86,222 - 13,6027 \text{Ln}D$
V-D	$V = 86,222D - 13,6027 D \text{Ln}D$
V-S	$V = 566,008 S e^{-0,0735 S}$
Model Underwood	
S-D	$S = 43,637 e^{(-0,00562 D)}$
V-D	$V = 43,637 D e^{(-0,00562 D)}$
V-S	$V = 671,8491 S - 177,9307 S \text{Ln}S$

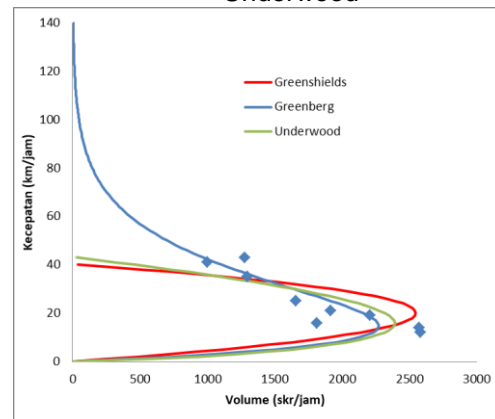
Hubungan matematis yang didapat untuk model Greenshields, model Greenberg dan model Underwood pada hari Senin disampaikan dalam bentuk kurva pada Gambar (2) sampai Gambar (4). Sedangkan hubungan matematis setiap model pada hari Sabtu disampaikan pada Gambar (5) sampai Gambar (7).



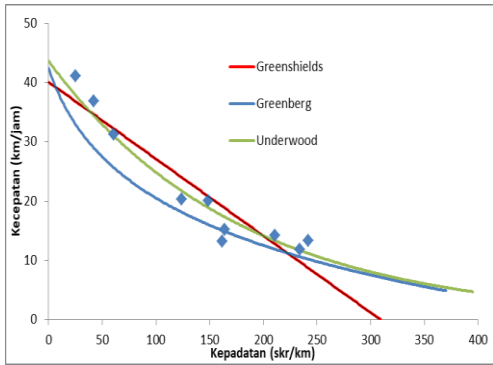
Gambar 2. Kurva Hubungan Kecepatan dengan Kepadatan Hari Senin untuk model Greenshields, model Greenberg dan model Underwood



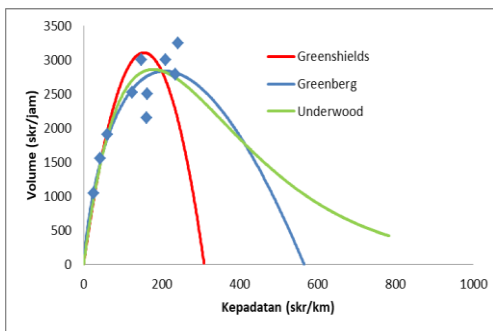
Gambar 3. Kurva Hubungan Volume dengan Kepadatan Hari Senin untuk model Greenshields, model Greenberg dan model Underwood



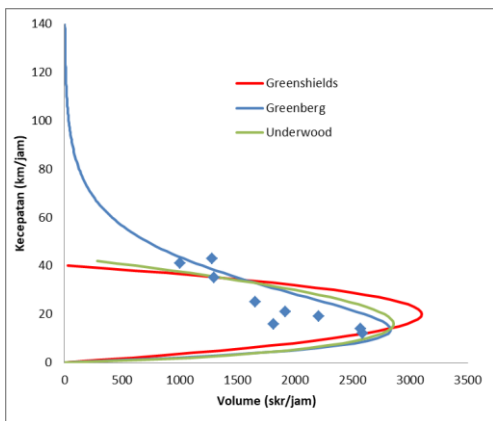
Gambar 4. Kurva Hubungan Volume dengan Kecepatan Hari Senin untuk model Greenshields, model Greenberg dan model Underwood



Gambar 5. Kurva Hubungan Kecepatan dengan Kepadatan Hari Sabtu untuk model Greenshields, model Greenberg dan model Underwood



Gambar 6. Kurva Hubungan Volume dengan Kepadatan Hari Sabtu untuk model Greenshields, model Greenberg dan model Underwood



Gambar 7. Kurva Hubungan Volume dengan Kecepatan Hari Sabtu untuk model Greenshields, model Greenberg dan model Underwood

Untuk memilih model terbaik digunakan analisis koefisien determinasi dengan membandingkan nilai R^2 terbesar dari masing-masing hubungan setiap model menggunakan persamaan (31)[3][4].

Tabel 6. Nilai Koefisien Determinasi (R^2) Masing-masing Model

Hari	Model	Greenshields	Greenberg	Underwood
Senin	S-D	0,804	0,963	0,897
	V-D	0,923	0,986	0,978
	V-S	0,796	0,983	0,923
Sabtu	S-D	0,889	0,972	0,953
	V-D	0,948	0,987	0,979
	V-S	0,943	0,984	0,976

Pada hari Senin, nilai R^2 tertinggi dari hubungan kecepatan-kepadatan (S-D), volume-kepadatan (V-D) dan volume-kecepatan (V-S) berturut-turut sebesar 0,963; 0,986 dan 0,983 yang didapat dari model Greenberg.

Pada hari Sabtu, nilai R^2 tertinggi dari hubungan kecepatan-kepadatan (S-D), volume-kepadatan (V-D) dan volume-kecepatan (V-S) berturut-turut sebesar 0,972; 0,987 dan 0,984 yang didapat dari model Greenberg.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa model Greenberg merupakan model terbaik untuk hubungan kecepatan-kepadatan, volume-kepadatan, dan volume-kecepatan di Jalan Otto Iskandar Dinata Bandung pada hari Senin dan Sabtu dengan nilai R^2 tertinggi.

Kondisi lalu lintas yang dihitung dengan menggunakan persamaan (18), persamaan (17) dan persamaan (20) dari model Greenberg pada hari Senin didapat nilai volume maksimum sebesar 2268,55 smp/jam yang dicapai pada saat kepadatan 154,623 smp/km yang bergerak dengan kecepatan 14,67 km/jam.

Sedangkan pada hari Sabtu, volume maksimum sebesar 2832,352 smp/jam dapat dicapai pada saat kepadatan 208,223 smp/km yang bergerak dengan kecepatan 13,603 km/jam.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Hasil yang dapat disampaikan dari penelitian ini adalah :

- Model Greenberg merupakan model yang paling sesuai untuk kondisi Jalan Otto Iskandar Dinata dengan R^2 tertinggi dibandingkan dengan model Greenshields dan model Underwood baik pada hari Senin maupun hari Sabtu.
- Volume maksimum pada hari Senin sebesar 2268,55 smp/jam dapat dicapai pada saat kepadatan 154,623 smp/km yang bergerak dengan kecepatan 14,67 km/jam. Sedangkan pada hari Sabtu, volume maksimum sebesar 2832,352 smp/jam dapat dicapai pada saat kepadatan 208,223 smp/km yang bergerak dengan kecepatan 13,603 km/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga, (2014). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Jakarta. *Departemen Pekerjaan Umum*.
- [2] Fadriani, H., & Syah, A. I. (2019). PENGARUH PEDAGANG KAKI LIMA DI BADAN JALAN TERHADAP KECEPATAN DAN KAPASITAS JALAN. *Jurnal Online Sekolah Tinggi Teknologi Mandala*, 14(1), 1-7.
- [3] Julianto, E. N. (2010). Hubungan Antara Kecepatan, Volume dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi Semarang. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 12(2).
- [4] Tamin, O. Z, (2003). Perencanaan dan Pemodelan Transportasi. Edisi Kesatu. Insitut Teknologi Bandung, Bandung.