

## Analisis Karakteristik Arus Lalu Lintas Menggunakan Metode Logaritmik *Greenberg* dan Eksponensial *Underwood* (Studi Kasus: Jalan RS Fatmawati Raya, Kota Jakarta Selatan)

Syaima Radesty<sup>\*1</sup>, Aulia Choiri Windari<sup>2</sup>, Ribut Nawang Sari<sup>3</sup>, Krisna Warianti<sup>4</sup>, dan Nurma Yunita<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Global Jakarta, Depok, Indonesia

<sup>\*</sup>Corresponding authors: [syaimaradesty@student.jgu.ac.id](mailto:syaimaradesty@student.jgu.ac.id)

Diserahkan: 26 Juni 2024, Direvisi: 5 Juli 2024, Diterima: 24 Juli 2024

**ABSTRAK:** Karakteristik arus lalu lintas yang terdiri dari volume, kepadatan, dan kecepatan merupakan komponen utama dalam menganalisis kondisi eksisting lalu lintas suatu ruas jalan. Jika terdapat permasalahan pada kondisi lalu lintas khususnya di jalan raya, hendaknya diperlukan analisis guna mengetahui kondisi jalan tersebut seperti halnya pada bagian Jalan RS Fatmawati Raya, yang merupakan jalan arteri sekunder. Jalan tersebut berada di area komersial yang terdiri dari pusat perbelanjaan, pertokoan, dan perkantoran sehingga banyak kegiatan perpindahan tempat menggunakan alat transportasi yang tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai volume maksimum (kapasitas jalan), kecepatan arus bebas, kecepatan maksimum, nilai kepadatan pada jam puncak, dan nilai kepadatan optimum antara model logaritmik dan eksponensial, sehingga dapat diketahui hasil hitungan model yang paling mendekati dengan kondisi aktual dari alat perhitungan sensor arus lalu lintas. Metode penelitian yang digunakan yaitu pemodelan matematika dari metode logaritma *Greenberg* dan eksponensial *Underwood* yang dapat menganalisis ketiga parameter utama dari karakteristik lalu lintas. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa model matematika yang terpilih untuk menganalisis hubungan arus lalu lintas pada Jalan RS Fatmawati Raya yaitu model *Underwood*, karena model tersebut memiliki nilai koefisien korelasi (*R*) tertinggi yaitu 0,965 dan nilai koefisien determinasi (*R Square*) sebesar 0,931. Hasil tersebut juga berdasarkan dari hitungan persamaan regresi yang membuktikan bahwa nilai korelasi tertinggi didapatkan pada metode *Underwood* daripada metode *Greenberg*.

**KATA KUNCI:** *Greenberg*; kecepatan; kepadatan; *underwood*; volume.

**ABSTRACT:** Traffic flow characteristics consisting of volume, density, and speed are the main components in analyzing the existing traffic conditions of a road section. If there are problems with traffic conditions, especially on the highway, an analysis should be carried out to determine the condition of the road as is the case on the Jalan RS Fatmawati Raya section, which is a secondary arterial road. The road is located in a commercial area consisting of shopping centers, shops, and offices so that many activities move places using the available means of transportation. This study aims to determine the maximum volume value (road capacity), free flow speed, maximum speed, peak hour density value, and optimum density value between the logarithmic and exponential models, so that it can be seen that the results of the model calculation are closest to the actual conditions of the traffic flow sensor calculation tool. The research method used is mathematical modeling of the *Greenberg* logarithmic and *Underwood* exponential methods that can analyze the three main parameters of traffic characteristics. The results in this study show that the mathematical model chosen to analyze the traffic flow relationship on Jalan RS Fatmawati Raya is the *Underwood* model, because the model has the highest correlation coefficient (*R*) value of 0.965 and the coefficient of determination (*R Square*) of 0.931. These results are also based on the calculation of the regression equation which proves that the highest correlation value is obtained in the *Underwood* method rather than the *Greenberg* method.

**KEYWORDS:** *Greenberg*; speed; density; *underwood*; volume.

### 1. PENDAHULUAN

Kemacetan adalah salah satu masalah utama yang terjadi di kota besar karena banyaknya populasi dari perpindahan penduduk, sehingga meningkatkan kebutuhan transportasi untuk berpindah tempat baik dalam jarak dekat maupun jauh. Menurut (Kaifan dan Gani, 2021), volume arus lalu lintas dan kapasitas jalan merupakan parameter utama penyebab adanya kemacetan. Pada volume lalu lintas atau jumlah arus kendaraan suatu ruas jalan sangat berpengaruh pada nilai kecepatan pengemudi dan menghasilkan kerapatan dari nilai volume per kecepatan.

Jalan RS Fatmawati Raya merupakan salah satu ruas jalan utama di kota Jakarta Selatan yang sedang mengalami masalah lalu lintas berupa kemacetan atau stagnasi. Jalan tersebut termasuk dalam jenis arteri sekunder yang melayani angkutan kendaraan utama dengan perjalanan jarak jauh. Selain itu, jenis jalan tersebut dalam hal lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat (Lubis et al., 2022). Tetapi pada kenyataannya, banyak kendaraan lambat di Jalan RS Fatmawati yang menyebabkan

jenis jalan tidak beroperasi secara layak. Oleh sebab itu, perlu dilakukan analisis untuk mengetahui hubungan karakteristik arus lalu lintas berupa volume, kecepatan dan kepadatan pada jalan tersebut.

Model statistika yang dapat menganalisis kondisi lalu lintas yaitu metode *Greenberg* dan *Underwood*. Kedua model tersebut telah banyak digunakan oleh penelitian terdahulu untuk mengetahui kondisi lalu lintas dengan rumus hubungan regresi dari logaritmik dan eksponensial. Seperti pada penelitian (Palayukan, Rahman dan Mustakim, 2023) yang menghasilkan nilai kapasitas yang paling mendekati dengan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 adalah model *Greenberg*. Dan juga pada penelitian (Sari, Salonten dan Supiyani, 2021) yang menjadikan metode eksponensial *Underwood* sebagai model yang dipilih karena menghasilkan nilai koefisien determinasi tertinggi.

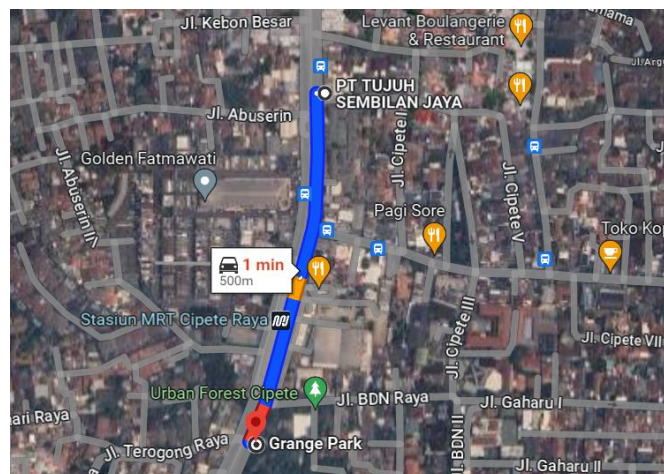
Berkaitan dengan kondisi aktual lalu lintas, maka analisis menggunakan model matematika perlu dilakukan karena hubungan ketiga parameter karakteristik arus lalu lintas yaitu volume, kecepatan, dan kepadatan saling mempengaruhi satu sama lain sehingga tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai volume maksimum (kapasitas), kecepatan arus bebas, kecepatan maksimum, nilai kepadatan pada jam puncak, dan nilai kepadatan optimum antara model *Greenberg* dan *Underwood* pada ruas Jalan RS Fatmawati Raya yang juga belum pernah diteliti sebelumnya.

## 2. METODE

Jenis penelitian ini menggunakan metode deskriptif dan kuantitatif karena berbasis fakta dan berdasarkan data yang ada untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi di suatu ruas jalan (Harjanto, Hidayati dan Harnaeni, 2022). Dan pada metode kuantitatif menghasilkan data penelitian yang berbentuk numerik (angka) dan analisisnya menggunakan metode perhitungan matematika.

### 2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada ruas Jalan RS Fatmawati Raya sepanjang 500 meter dimulai pada titik awal penelitian yaitu Grange Park dengan titik koordinat lokasi  $-6.27983, 106.79701$  hingga titik akhir penelitian yaitu pada PT. Tujuh Sembilan Jaya dengan titik koordinat lokasi  $-6.27541, 106.79786$ . Berikut adalah peta lokasi penelitian yang diambil pada gambar satelit *Google Maps* tahun 2024.

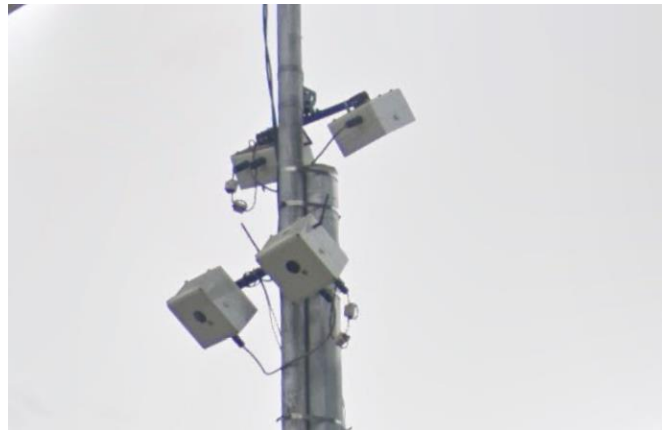


Gambar 1. Peta Lokasi Jalan RS Fatmawati Raya.

Lokasi penelitian tersebut dipilih karena berada dititik tengah *sensor traffic counting* yang merupakan alat perhitungan volume kendaraan, kecepatan kendaraan, rata-rata CO<sub>2</sub>, dan rata-rata tekanan udara. Alat tersebut telah berada di Jalan RS Fatmawati Raya sejak tahun 2021 hingga sekarang dan diatur oleh Dinas Perhubungan DKI Jakarta.

### 2.2. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data yang dibutuhkan yaitu berupa data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diambil langsung oleh para *surveyor* di lapangan. Data primer pada observasi ini terdiri dari data geometrik jalan untuk mengetahui detail ukuran ruas jalan. Sedangkan data sekunder adalah data pendukung penelitian yang didapatkan dari instansi terkait (Rosyad, Firdaus dan Fradana, 2024). Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data hasil dari alat *sensor traffic counting* yang didapatkan dari Dinas Perhubungan DKI Jakarta. Alat tersebut berada di lokasi penelitian pada titik koordinat  $6^{\circ}16'31.8''S$   $106^{\circ}47'51.7''E$ . Berikut adalah gambar *sensor traffic counting* yang didapatkan dari dokumentasi pada bagian ruas Jalan RS Fatmawati Raya tahun 2023.



Gambar 2. Alat Sensor Lalu Lintas Jalan RS Fatmawati Raya.

Alat sensor lalu lintas tersebut terbagi dalam dua arah untuk menghasilkan data pada tiap lajur di lokasi penelitian. Data luaran akan berbentuk jumlah kendaraan per jam dan satuan mobil penumpang per jam pada tiap arah (*inbound* dan *outbound*). Arah *inbound* (utara) merupakan arah ke wilayah pusat DKI Jakarta sedangkan arah *outbound* (selatan) merupakan arah keluar dari wilayah pusat DKI Jakarta.

### 2.3. Tahapan Analisis Data

Analisis data dilakukan pada jam puncak atau *peak hour* di lokasi penelitian yang direkapitulasi selama 4 hari (Senin, Selasa, Sabtu, dan Minggu). Hari Senin dan Selasa menunjukkan waktu kerja, sedangkan pada hari Sabtu dan Minggu menunjukkan waktu libur. Jam yang dirangkum dalam observasi ini yaitu dimulai pada pukul 07.00-09.00 WIB untuk memperlihatkan waktu pagi, pukul 11.00-13.00 WIB untuk memperlihatkan waktu siang, dan pukul 16.00-18.00 untuk memperlihatkan kondisi lalu lintas pada waktu sore hari. Analisis data diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk menghitung persamaan regresi dilanjutkan dengan persamaan logaritmik (model *Greenberg*) dan persamaan eksponensial (model *Underwood*) untuk menghasilkan nilai volume, kecepatan, dan kepadatan pada jam puncak di ruas Jalan RS Fatmawati Raya.

### 2.4. Model *Greenberg*

Metode *Greenberg* mengasumsikan bahwa aliran arus lalu lintas serupa dengan aliran fluida dan menganalisis hubungan antara volume ( $Q$ ), kerapatan ( $D$ ), dan kecepatan ( $S$ ) menggunakan asumsi kontinuitas persamaan zat cair, dalam bentuk logaritmik (Fadilah dan Wibisana, 2023). Persamaan logaritmik yang dihasilkan dari metode *Greenberg* adalah sebagai berikut:

$$U_s = U_m \times \ln(D_j/D) \quad (1)$$

$$Q = D \times U_m \times \ln(D_j/D) \quad (2)$$

$$Q = U_s \times D_j \times e^{-U_s/U_m} \quad (3)$$

$$Q_m = (D_j \times U_m)/e \quad (4)$$

$$U_m = b/1 \quad (5)$$

$$D_m = D_j/2 \quad (6)$$

Dengan nilai  $U_s$  yaitu kecepatan rata-rata ruang (km/jam), nilai  $U_m$  merupakan kecepatan maksimum (km/jam), nilai  $D_j$  yaitu kepadatan pada arus lalu lintas macet total (kendaraan/km), nilai  $Q_m$  merupakan nilai volume maksimum (smp/jam), nilai  $e$  merupakan bilangan dasar logaritma natural yaitu sebesar 2,718282, dan nilai  $D_m$  yaitu merupakan nilai kepadatan maksimum (kendaraan/km).

### 2.5. Model *Underwood*

Model *Underwood* mengasumsikan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan merupakan hubungan eksponensial yang memiliki jenis korelasi antar variabel yang negatif (Febriany dan Radam, 2022). Persamaan eksponensial yang dihasilkan dari model atau metode *Underwood* adalah sebagai berikut:

$$U_s = U_f \times e^{-D/D_m} \quad (7)$$

$$Q = D \times U_f \times e^{-D/D_m} \quad (8)$$

$$Q = U_s \times D_m \times L_n (U_f/U_s) \quad (9)$$

$$Q_m = (D_m \times U_f)/e \quad (10)$$

$$U_m = U_f/e \quad (11)$$

$$D_m = -1/b \quad (12)$$

Dengan nilai  $U_s$  yaitu kecepatan rata-rata ruang (km/jam), nilai  $U_f$  merupakan kecepatan arus bebas dasar (km/jam), nilai  $D_m$  yaitu merupakan nilai kepadatan maksimum (kendaraan/km), nilai  $Q_m$  merupakan nilai volume maksimum (smp/jam), nilai  $e$  merupakan bilangan dasar logaritma natural yaitu sebesar 2,718282, dan nilai nilai  $U_m$  yang merupakan kecepatan maksimum (km/jam).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dalam penelitian dilakukan untuk menjelaskan hasil dari setiap analisis yang sudah dilakukan sebelumnya (Wahyunanda, Muthohar dan Irawan, 2021). Hasil dan pembahasan dalam penelitian analisis karakteristik arus lalu lintas ini meliputi detail dari geometrik ruas jalan, volume kendaraan, kecepatan kendaraan, kepadatan kendaraan, serta pembahasan model yang akan dipilih berdasarkan nilai koefisien korelasi tertinggi antara metode logaritmik *Greenberg* dan metode eksponensial *Underwood*.

#### 3.1. Data Geometrik Ruas Jalan

Geometrik diartikan sebagai badan jalan yang dibangun di atas permukaan tanah, baik secara vertikal maupun horizontal, dengan asumsi medan jalan (permukaan tanah) tidak rata. Tujuannya adalah untuk menciptakan keseimbangan yang sesuai antara ruang dan waktu, sekaligus merancang ruas jalan yang nyaman dan efisien, serta aman dan efektif bagi kendaraan yang akan digunakan (Misbah dan Hendrizal, 2023). Jalan RS Fatmawati Raya merupakan jalan yang membentang sepanjang 5,4 km dari Kecamatan Cilandak hingga Kecamatan Kebayoran Baru. Jalan tersebut memiliki tipe alinyemen datar dan termasuk dalam jenis jalan 4/2 D (empat lajur dua arah terbagi dengan median jalan). Berikut adalah tabel yang menunjukkan data geometrik jalan dari masing-masing arah di ruas Jalan RS Fatmawati Raya:

Tabel 1. Data Geometrik Jalan RS Fatmawati Raya

Data	Arah <i>Inbound</i>	Arah <i>Outbound</i>
Fungsi Jalan	Arteri Sekunder	Arteri Sekunder
Lebar Lajur (m)	3,25 meter	3,8 meter
Lebar Jalur (m)	6,5 meter	7,6 meter
Lebar Median (m)	2,8 meter	2,8 meter
Lebar Trotoar (m)	2,3 meter	2,3 meter
Marka Jalan	Ada	Ada
Penerangan Jalan	Ada	Ada

Berikut adalah gambar atau dokumentasi langsung dari lokasi studi yang diambil oleh *surveyor* saat pengambilan data geometrik jalan, tepatnya di depan Stasiun MRT Cipete Raya, Kota Jakarta Selatan.

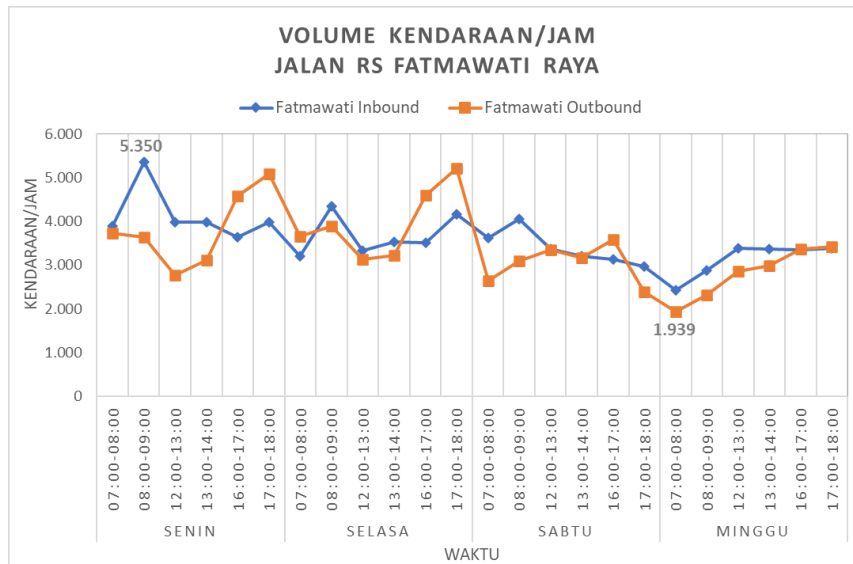


Gambar 3. Kondisi Jalan RS Fatmawati Raya.

Dapat diketahui bahwa wilayah ruas Jalan RS Fatmawati Raya merupakan area komersial yang memiliki banyak pusat perbelanjaan, pertokoan, dan perkantoran serta didukung oleh adanya stasiun MRT. MRT atau *Mass Rapid Transit* adalah moda atau pilihan transportasi massal yang modern, cepat, dan efisien (Murdilangga et al., 2023).

3.2. Data Volume Lalu Lintas

Berikut adalah grafik volume dalam satuan kendaraan/jam selama 4 (empat) hari di ruas Jalan RS Fatmawati Raya untuk mengetahui jam puncak atau *peak hour* selama observasi.



Gambar 4. Volume Hari Kerja dan Hari Libur Jalan RS Fatmawati Raya.

Pada grafik diatas, maka dapat diketahui bahwa jam puncak terjadi pada hari Senin pukul 08.00 WIB hingga 09.00 WIB dengan total 5350 kendaraan/jam pada arah *inbound* (utara). Sedangkan jam terlemah terjadi pada hari Minggu pukul 07.00 WIB hingga 08.00 WIB dengan total 1939 kendaraan/jam pada arah *outbound* (selatan). Jadi, data yang akan dianalisis menggunakan model *Greenberg* dan model *Underwood* yaitu data pada hari Senin.

3.3. Analisis Model *Greenberg*

Berikut adalah rekapitulasi perhitungan menggunakan metode logaritma *Greenberg* arah masuk wilayah pusat DKI Jakarta yaitu *inbound* (utara) pada hari Senin, tanggal 4 Desember 2023 yang merupakan jam puncak selama olah data dalam penelitian dengan variabel Y yaitu kecepatan (km/jam).

Tabel 2. Rekapitulasi Model *Greenberg* Arah Utara Pada Hari Senin.

NO	Waktu	Volume (smp/jam)	Kecepatan (km/jam)	Kepadatan (smp/km)	X = Ln D	Y <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	y × X
1	07:00-08:00	2350,95	12,858	182,835	5,209	165,337	27,129	66,974
2	08:00-09:00	2619,25	30,029	87,224	4,468	901,732	19,967	134,183
3	11:00-12:00	2077,55	26,542	78,275	4,360	704,460	19,012	115,728
4	12:00-13:00	2016,95	28,042	71,927	4,276	786,335	18,281	119,896
5	16:00-17:00	1706,05	29,050	58,728	4,073	843,903	16,589	118,318
6	17:00-18:00	1743,75	28,467	61,256	4,115	810,351	16,934	117,142
Jumlah		12514,50	154,987	540,245	26,501	4212,117	117,912	672,242
Persamaan		y = 88,9 - 14,28x		R <sup>2</sup> = 0,842	a = Uf = 88,9	b = Um = 14,28	Dj = e(a/Um) = 505,632	

Berdasarkan tabel rekapitulasi diatas, maka persamaan logaritmik arah *inbound* (utara) yang didapatkan berdasarkan persamaan 1 yaitu:

$$U_s = 14,28 \times \ln (505,632/D)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai koefisien determinasi yang diperoleh yaitu  $R^2 = 0,842$ . Hal tersebut mengartikan bahwa persentase sumbangan pengaruh variabel kepadatan kendaraan sebesar 84,2% sedangkan 15,8% dipengaruhi oleh variabel lain. Kondisi arus lalu lintas pada hari Senin memiliki keeratan koefisien korelasi yang sangat kuat karena memiliki nilai  $R = 0,918$ .

Hubungan volume dan kepadatan berdasarkan persamaan 2:

$$Q = 14,28 \times D \times \ln (505,632/D)$$

Hubungan volume dan kecepatan berdasarkan persamaan 3:

$$Q = 505,632 \times U_s \times e (-U_s/14,28)$$

Nilai volume maksimum atau kapasitas berdasarkan persamaan 4:

$$Q_m = (505,632 \times 14,28)/e$$

$$Q_m = 2656,246 \text{ smp/jam dengan kecepatan pada volume maksimum yaitu } U_m = 14,28 \text{ km/jam}$$

Nilai kepadatan maksimum berdasarkan persamaan 6:

$$D_m = 505,632/2$$

$$D_m = 252,816 \text{ smp/km}$$

Pada tabel 3. berikut adalah rekapitulasi perhitungan menggunakan metode logaritma Greenberg arah luar wilayah pusat DKI Jakarta yaitu *outbound* (selatan) pada hari Senin, tanggal 4 Desember 2023 yang merupakan jam puncak selama olah data dalam penelitian dengan variabel Y yaitu kecepatan (km/jam).

Tabel 3. Rekapitulasi Model *Greenberg* Arah Selatan Pada Hari Senin.

N O	Waktu	Volume (smp/jam )	Kecepatan (km/jam)	Kepadatan (smp/km)	$X = \ln D$	$Y^2$	$X^2$	$y \times X$
1	07:00- 08:00	4218,85	23,042	183,097	5,210	530,918	27,144	120,04 7
2	08:00- 09:00	4332,90	24,325	178,125	5,182	591,706	26,858	126,06 4
3	11:00- 12:00	3458,10	13,667	253,032	5,534	186,778	30,620	75,625
4	12:00- 13:00	3631,05	17,217	210,903	5,351	296,414	28,637	92,133
5	16:00- 17:00	3930,20	20,133	195,209	5,274	405,351	27,816	106,18 5
6	17:00- 18:00	4106,35	17,800	230,694	5,441	316,840	29,605	96,851
Jumlah		23677,45	116,183	1251,059	31,993	2328,007	170,681	616,90 5
Persamaan		$y = 167,4 - 27,764x$		$R^2 = 0,921$	$a = U_f = 167,4$	$b = U_m = 27,76$	$D_j = 415,52$	$e(a/U_m) =$

Berdasarkan tabel rekapitulasi diatas, maka persamaan logaritmik arah *outbound* (selatan) yang didapatkan berdasarkan persamaan 1 yaitu:

$$U_s = 27,76 \times \ln (415,52/D)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai koefisien determinasi yang diperoleh yaitu  $R^2 = 0,921$ . Hal tersebut mengartikan bahwa persentase sumbangan pengaruh variabel kepadatan kendaraan sebesar 92,1% sedangkan 7,9% dipengaruhi oleh variabel lain. Kondisi arus lalu lintas pada hari Senin memiliki keeratan koefisien korelasi yang sangat kuat karena memiliki nilai  $R = 0,959$ .

Hubungan volume dan kepadatan berdasarkan persamaan 2:

$$Q = 27,76 \times D \times \ln (415,52/D)$$

Hubungan volume dan kecepatan berdasarkan persamaan 3:

$$Q = 415,52 \times Us \times e^{-Us/27,76}$$

Nilai volume maksimum atau kapasitas berdasarkan persamaan 4:

$$Q_m = (415,52 \times 27,76)/e$$

$$Q_m = 4243,428 \text{ smp/jam dengan kecepatan pada volume maksimum yaitu } U_m = 27,76 \text{ km/jam}$$

Nilai kepadatan maksimum berdasarkan persamaan 6:

$$D_m = 415,52/2$$

$$D_m = 207,76 \text{ smp/km}$$

### 3.4. Analisis Model *Underwood*

Berikut adalah rekapitulasi perhitungan menggunakan metode eksponensial *Underwood* arah masuk wilayah pusat DKI Jakarta yaitu inbound (utara) pada hari Senin, tanggal 4 Desember 2023 yang merupakan jam puncak selama olah data dalam penelitian dengan nilai variabel X yaitu kepadatan (smp/km).

Tabel 4. Rekapitulasi Model *Underwood* Arah Utara Pada Hari Senin.

NO	Waktu	Volume (smp/jam)	Kecepatan (km/jam)	Kepadatan (smp/km)	y = Ln S	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	y × X
1	07:00-08:00	2350,95	12,858	182,835	2,554	33428,541	6,523	466,9585
2	08:00-09:00	2619,25	30,029	87,224	3,402	7608,107	11,575	296,7514
3	11:00-12:00	2077,55	26,542	78,275	3,279	6126,982	10,750	256,6416
4	12:00-13:00	2016,95	28,042	71,927	3,334	5173,478	11,113	239,7821
5	16:00-17:00	1706,05	29,050	58,728	3,369	3448,984	11,350	197,8559
6	17:00-18:00	1743,75	28,467	61,256	3,349	3752,280	11,214	205,1296
Jumlah		12514,50	154,987	540,245	19,286	59538,372	62,525	1663,119
y = -0,006x + 3,821		R <sup>2</sup> = 0,931	a = 3,821	b = -0,006	Uf = exp(a) = 45,665	Dm = -1/b = 148,35		

Berdasarkan tabel rekapitulasi diatas, maka persamaan eksponensial arah *inbound* (utara) yang didapatkan berdasarkan persamaan 7 yaitu:

$$Us = 45,665 \times \exp(-D/148,35)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai koefisien determinasi yang diperoleh yaitu R<sup>2</sup> = 0,931. Hal tersebut mengartikan bahwa persentase sumbangan pengaruh variabel kepadatan kendaraan sebesar 93,1% sedangkan 6,9% dipengaruhi oleh variabel lain. Kondisi arus lalu lintas pada hari Senin memiliki keeratan koefisien korelasi yang sangat kuat karena memiliki nilai R = 0,965.

Hubungan volume dan kepadatan berdasarkan persamaan 8:

$$Q = 45,665 \times D \times \exp(-D/148,35)$$

Hubungan volume dan kecepatan berdasarkan persamaan 9:

$$Q = 148,35 \times Us \times \ln(45,665/Us)$$

Nilai volume maksimum atau kapasitas berdasarkan persamaan 10:

$$Q_m = (148,35 \times 45,665)/e$$

$$Q_m = 2492,163 \text{ smp/jam dengan kecepatan pada volume maksimum yaitu } U_m = 16,799 \text{ km/jam}$$

Nilai kepadatan maksimum berdasarkan persamaan 12:

$$D_m = -1/-0,006$$

$$D_m = 166,667 \text{ smp/km}$$

Pada tabel 5. berikut adalah rekapitulasi perhitungan menggunakan metode eksponensial *Underwood* arah luar wilayah pusat DKI Jakarta yaitu *outbound* (selatan) pada hari Senin, tanggal 4 Desember 2023 yang merupakan jam puncak selama olah data dalam penelitian dengan nilai variabel X yaitu kepadatan (smp/km).

Tabel 5. Rekapitulasi Model *Underwood* Arah Selatan Pada Hari Senin.

NO	Waktu	Volume (smp/jam)	Kecepatan (km/jam)	Kepadatan (smp/km)	$y = \ln S$	$X^2$	$Y^2$	$y \times X$
1	07:00-08:00	4218,85	23,042	183,097	3,137	33524,352	9,843	574,429
2	08:00-09:00	4332,90	24,325	178,125	3,192	31728,653	10,186	568,488
3	11:00-12:00	3458,10	13,667	253,032	2,615	64025,045	6,838	661,667
4	12:00-13:00	3631,05	17,217	210,903	2,846	44480,157	8,099	600,204
5	16:00-17:00	3930,20	20,133	195,209	3,002	38106,401	9,014	586,089
6	17:00-18:00	4106,35	17,800	230,694	2,879	53219,639	8,290	664,213
Jumlah		23677,45	116,183	1251,059	17,671	265084,247	52,269	3655,093
$y = -0,007x + 4,4$		$R^2 = 0,921$	$a = 4,4$	$b = -0,007$	$U_f = \exp(a) = 81,635$		$D_m = -1/b = 143,104$	

Berdasarkan tabel rekapitulasi diatas, maka persamaan eksponensial arah *outbound* (selatan) yang didapatkan berdasarkan persamaan 7 yaitu:

$$U_s = 81,635 \times \exp(-D/143,104)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai koefisien determinasi yang diperoleh yaitu  $R^2 = 0,921$ . Hal tersebut mengartikan bahwa persentase sumbangan pengaruh variabel kepadatan kendaraan sebesar 92,1% sedangkan 7,9% dipengaruhi oleh variabel lain. Kondisi arus lalu lintas pada hari Senin memiliki keeratan koefisien korelasi yang sangat kuat karena memiliki nilai  $R = 0,959$ .

Hubungan volume dan kepadatan berdasarkan persamaan 8:

$$Q = 81,635 \times D \times \exp(-D/143,104)$$

Hubungan volume dan kecepatan berdasarkan persamaan 9:

$$Q = 143,104 \times U_s \times \ln(81,635/U_s)$$

Nilai volume maksimum atau kapasitas berdasarkan persamaan 10:

$$Q_m = (143,104 \times 81,635)/e$$

$$Q_m = 4297,676 \text{ smp/jam dengan kecepatan pada volume maksimum yaitu } U_m = 30,032 \text{ km/jam}$$

Nilai kepadatan maksimum berdasarkan persamaan 12:

$$D_m = -1/-0,007$$

$$D_m = 142,857 \text{ smp/km}$$

### 3.5. Perbedaan Hasil Model Lalu Lintas

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan masing-masing model matematika, maka dapat dibuat perbandingan hasil antara metode logaritmik *Greenberg* dan eksponensial *Underwood* dengan hasil kapasitas yang didapatkan dari alat *sensor traffic counting*. Berikut ini adalah tabel rangkuman antara kedua model tersebut dan alat sensor lalu lintas guna mengetahui hasil yang paling mendekati nilai lalu lintas pada kondisi eksisting.

Tabel 6. Hasil Setiap Arah Dari Parameter Terhadap Metode Penelitian

Arah	Parameter	<i>Sensor Traffic</i>	<i>Greenberg</i>	<i>Underwood</i>
<i>Inbound</i> (utara)	Qm (kapasitas) smp/jam	2728,385	2656,246	2492,163
	Uf (arus bebas) km/jam	51,7	88,9	45,665
	Um ( <i>max speed</i> ) km/jam	35,57	14,28	16,799
	Dj ( <i>peak hour density</i> ) smp/km	415,42	505,632	333,334
	Dm ( <i>max density</i> ) smp/km	207,71	252,816	166,667
<i>Outbound</i> (selatan)	Qm (kapasitas) smp/jam	6865,783	4243,428	4297,676
	Uf (arus bebas) km/jam	54,52	167,4	81,635
	Um ( <i>max speed</i> ) km/jam	27,16	27,76	30,032
	Dj ( <i>peak hour density</i> ) smp/km	608,34	415,32	285,714



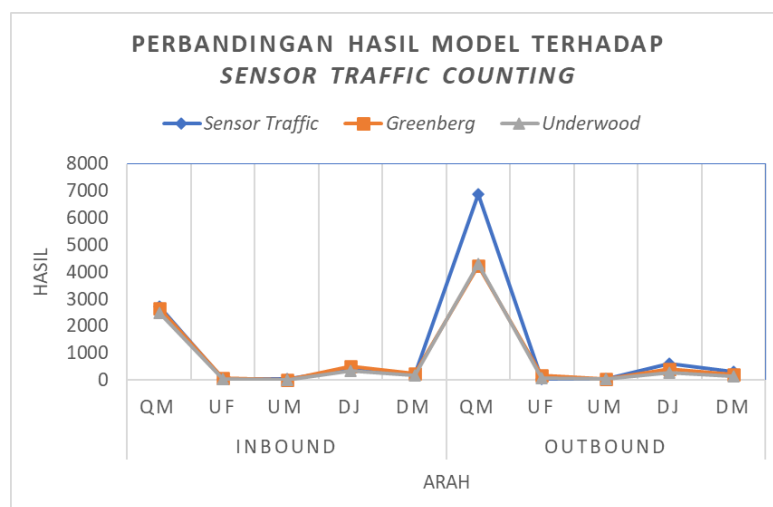
Dm (max density) smp/km	304,17	207,76	142,857
-------------------------	--------	--------	---------

Pada tabel diatas, dapat diketahui bahwa nilai kapasitas yang paling mendekati dengan nilai aktual dari alat *sensor traffic counting* arah *Inbound* (utara) yaitu model *Greenberg*. Sedangkan nilai kecepatan arus bebas (*Uf*), kecepatan maksimal (*Um*), nilai kepadatan pada saat lalu lintas macet total (*Dj*), dan nilai kepadatan maksimum (*Dm*) yang paling mendekati dengan nilai aktual dari alat *sensor traffic counting* yaitu model *Underwood*.

Sedangkan pada arah *Outbound* (selatan), nilai kapasitas dan kecepatan arus bebas dasar (*Uf*) yang paling mendekati dengan nilai aktual dari alat *sensor traffic counting* yaitu model *Underwood*. Sedangkan nilai kecepatan maksimal (*Um*), nilai kepadatan pada saat lalu lintas macet total (*Dj*), dan nilai kepadatan maksimum (*Dm*) yang paling mendekati dengan nilai aktual dari alat *sensor traffic counting* yaitu model *Greenberg*.

### 3.6. Pembahasan

Dari tabel 6. diatas, maka dapat dibuat suatu bagan berupa grafik perbandingan hasil model matematika logaritmik dan eksponensial terhadap hasil sensor perhitungan arus lalu lintas seperti pada gambar berikut:



Gambar 5. Perbandingan Hasil Model Analisis Terhadap *Sensor Traffic Counting*.

Berdasarkan bagan grafik diatas, dapat diketahui bahwa hasil metode *Greenberg* dan model *Underwood* memiliki selisih hasil perhitungan yang lebih sedikit daripada hasil aktual dari alat sensor perhitungan arus lalu lintas. Tetapi pada hasil setiap parameter terhadap metode penelitian, model *Underwood* mendominasi hasil yang paling dekat dengan hasil dari alat *sensor traffic counting*. Hal tersebut juga berdasarkan dari hitungan persamaan regresi yang membuktikan bahwa nilai korelasi tertinggi didapatkan pada metode *Underwood* daripada metode *Greenberg*. Jadi, model matematika yang terpilih untuk menganalisis hubungan karakteristik arus lalu lintas pada Jalan RS Fatmawati Raya yaitu model *Underwood*, karena memiliki nilai koefisien korelasi (*R*) tertinggi yaitu 0,965 dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,931.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis karakteristik arus lalu lintas menggunakan metode logaritmik *Greenberg* Dan eksponensial *Underwood*, dapat diketahui bahwa nilai kapasitas yang paling mendekati dengan nilai aktual dari alat *sensor traffic counting* arah *Inbound* (utara) yaitu model *Greenberg*. Sedangkan nilai kecepatan arus bebas (*Uf*), kecepatan maksimal (*Um*), nilai kepadatan pada saat lalu lintas macet total (*Dj*), dan nilai kepadatan maksimum (*Dm*) yang paling mendekati dengan nilai aktual dari alat sensor perhitungan lalu lintas yaitu model *Underwood*. Sedangkan pada arah *Outbound* (selatan), nilai kapasitas dan kecepatan arus bebas dasar (*Uf*) yang paling mendekati dengan nilai aktual dari alat *sensor traffic counting* yaitu model *Underwood*. Sedangkan nilai kecepatan maksimal (*Um*), nilai kepadatan pada saat lalu lintas macet total (*Dj*), dan nilai kepadatan maksimum (*Dm*) yang paling mendekati dengan nilai aktual dari alat sensor perhitungan lalu lintas yaitu model *Greenberg*. Pada penelitian ini, model matematika yang terpilih untuk menganalisis hubungan karakteristik arus lalu lintas pada Jalan RS Fatmawati Raya yaitu model *Underwood*, karena memiliki nilai koefisien korelasi (*R*) tertinggi yaitu 0,965 dan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,931.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada kepala Unit Pengelola Sistem Pengendalian Lalu Lintas (UP.SPLL) Dinas Perhubungan DKI Jakarta, yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini dengan memberikan data dari hasil sensor perhitungan arus lalu lintas. Selain itu, perlu kami sampaikan ucapan terima kasih juga kepada para mahasiswa yang telah mendukung dan membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

## REFERENSI

- Fadilah, R. dan Wibisana, H., 2023. Analisis Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Jalan Raya Kletek Sidoarjo Dengan Metode Greenberg dan Greenshield. *Jurnal Extrapolasi*, 20(2), hal.123–136. <https://doi.org/10.30996/ep.v20i02.9084>.
- Febriany, N. dan Radam, I.F., 2022. Pengaruh Pedagang Kaki Lima Terhadap Karakteristik Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Dengan Tipe 2/2 UD (Studi Kasus Jl. Jendral Sudirman Kota Banjarmasin). *Jurnal Rivet*, 2(2), hal.69–76. <https://doi.org/10.47233/rivet.v2i01.473>.
- Harjanto, S., Hidayati, N. dan Harnaeni, S.R., 2022. Kajian Lalu Lintas Pada Rencana Pembangunan Fly Over Hos Cokroaminoto Kabupaten Sragen. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, hal.103–110.
- Kaifan, A. dan Gani, F.A., 2021. Model Pemilihan Moda Antara Sepeda Motor Dan Bus Kota Di Kota Medan. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), hal.17–22.
- Lubis, M., Tarigan, G., Suharamadhan, A. dan Batubara, H., 2022. Analisa Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan Kol. Yos Sudarso-Jalan Pulau Sumatera Di Kelurahan Mabar, Kecamatan Medan Deli Kota Medan. *Buletin Utama Teknik*, 17(2), hal.203–211.
- Misbah dan Hendrizal, 2023. Analisis Kinerja Ruas Jalan Akibat Hambatan Samping (Studi Kasus : Jl. Soekarno Hatta Pasar Bawah Kota Bukittinggi). *Jurnal Teknologi dan Vokasi*, 1(1), hal.45–53. <https://doi.org/10.21063/jtv.2023.1.1.7>.
- Murdilangga, B., Saputra, R.A., Johan, D. dan Delyuzir, R.D., 2023. Studi Kenyamanan Termal Stasiun MRT ASEAN Jakarta. *Seminar Nasional Rekayasa dan Teknologi*, 3(1), hal.37–41.
- Palayukan, R.I.B., Rahman, Q.R. dan Mustakim, Y.H., 2023. Analisa Kapasitas Dan Kinerja Jalan Dengan Metode Linear Dan Metode Logaritmik Greenberg (Studi Kasus : Jalan Urip Sumoharjo, Kota Makassar). *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(1), hal.25–39.
- Rosyad, F., Firdaus dan Fradana, Y.M., 2024. Analisis Sistem Pengaruh Lalu Lintas Jalan Akibat Pembangunan Fly Over Kereta Api Bantaian Kabupaten Muara Enim. 6(3).
- Sari, N.M., Salonten dan Supiyan, 2021. Analisa Perbandingan Perhitungan Kapasitas Ruas Jalan Metode PKJI 2014 Dengan Metode Greenshield, Greenberg Dan Underwood. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(1), hal.286–297. <https://doi.org/10.31602/jk.v4i1.5276>.
- Wahyunanda, I., Muthohar, I. dan Irawan, M.Z., 2021. Model Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas untuk Memprediksi Level of Service terhadap Perubahan Pola Pelayanan Angkutan Lanjutan (Studi Kasus pada Kawasan Stasiun Palmerah Jakarta). *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 23(1), hal.18–29.