

Analisis Karakteristik Arus Lalu Lintas Dengan Model Greenshield, Greenberg Dan Underwood Di Ruas Jalan KHZ Musthofa Kota Tasikmalaya

Farhan Sholahudin¹⁾, Dicky Nurmayadi²⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Teknik, Universitas Perjuangan Tasikmalaya
Jl. Pembela Tanah Air No. 177 Tasikmalaya - Jawa Barat

Email: farhansholahudin@unper.ac.id

²⁾ Teknik Sipil, Teknik, Universitas Perjuangan Tasikmalaya
Jl. Pembela Tanah Air No. 177 Tasikmalaya - Jawa Barat

Email: dickynurmayadi@unper.ac.id

Abstract

In the planning, design and determination of various transportation system policies, the theory of traffic flow characteristics plays a very important role. To facilitate the application of the theory of traffic characteristics, a mathematical approach is used to analyze the phenomena that occur in the traffic flow. One approach to understanding traffic behavior is to describe it in mathematical and graphical relationships by paying attention to the relationship between speed (S), density (D) and volume (V) of traffic. The purpose of this study was to analyze the characteristics of traffic flow on Jalan KHZ Musthofa which is the primary arterial road connecting vital locations in the City of Tasikmalaya using several mathematical models, namely the greenshield, greenberg and underwood models. This study has an urgency to determine the characteristics of the appropriate traffic flow and closest to the existing conditions in the field so that it can be used as a basis for determining the level of service on a road segment. This is an answer and proof that there is no road segment that has the same traffic flow characteristics even though the environmental conditions are very similar. From the results of data analysis, it can be seen that the traffic characteristics that are most appropriate to the existing conditions in the field based on the analysis of the selected model on the KHZ Musthofa Road Section, namely the Greenshield Model with free flow speed (S_f) = 52,043 km/hour, congestion density that occurs (D_j) = 70,207 pcu/km and the maximum volume or road capacity (V_{max}) = 3,654,088 pcu/hour. The structure of the model of the relationship between velocity (S) and density (D) is $S = 50.96 - (0.66)D$, for the model of the relationship between volume (V) and density (D) is $V = 50.96 D - (0.66) D^2$, for the model of the relationship between volume (V) and velocity (S), namely $V = 77.13 S - (0.66) S^2$.

Key words : traffic characteristics; level of service; greenshield; greenberg; underwood

Abstrak

Dalam perencanaan, perancangan dan penetapan berbagai kebijakan sistem transportasi, teori karakteristik arus lalu lintas memegang peranan yang sangat penting. Untuk mempermudah penerapan teori karakteristik lalu lintas digunakan metode pendekatan matematis untuk menganalisa gejala yang berlangsung dalam arus lalu lintas. Salah satu cara pendekatan untuk memahami perilaku lalu lintas tersebut adalah dengan menjabarkannya dalam hubungan matematis dan grafis dengan memperhatikan hubungan antara kecepatan (S), kepadatan (D) dan volume (V) lalu lintas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik arus lalu lintas di Ruas Jalan KHZ Musthofa yang merupakan jalan arteri primer menghubungkan lokasi-lokasi vital di Kota Tasikmalaya dengan menggunakan beberapa model matematis yaitu model greenshield, greenberg dan underwood. Penelitian ini memiliki urgensi untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas yang sesuai dan paling mendekati kondisi eksisting di lapangan sehingga dapat digunakan sebagai dasar penentuan tingkat pelayanan di suatu ruas jalan. Hal ini merupakan jawaban dan pembuktian bahwa tidak ada suatu ruas jalan yang memiliki karakteristik arus lalu lintas yang sama meskipun kondisi lingkungannya sangat mirip. Dari hasil analisis data, dapat diketahui bahwa karakteristik lalu lintas yang paling sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan berdasarkan analisis model terpilih pada Ruas Jalan KHZ Musthofa yaitu Model Greenshield dengan kecepatan arus bebas (S_f) = 52,043 km/jam, kepadatan macet yang terjadi (D_j) = 70,207 smp/km dan volume maksimum atau kapasitas jalan (V_{maks}) = 3.654,088 smp/jam. Adapun struktur model hubungan antara kecepatan (S) dan kepadatan (D) yaitu $S = 50,96 - (0,66)D$, untuk model hubungan antara volume (V) dan kepadatan (D) yaitu $V = 50,96 D - (0,66) D^2$, untuk model hubungan antara volume (V) dan kecepatan (S) yaitu $V = 77,13 S - (0,66) S^2$.

Kata Kunci: karakteristik arus lalu lintas; tingkat pelayanan jalan; greenshield; greenberg; underwood

PENDAHULUAN

Parameter arus lalu lintas secara makroskopis mencirikan lalu lintas secara keseluruhan, sedangkan secara mikroskopis yaitu mempelajari perilaku pengguna jalan dalam pergerakan lalu lintas dengan pengguna jalan lain (May, 2002). Di dalam teori arus lalu lintas, untuk menentukan karakteristik suatu ruas jalan terdapat 3 parameter utama yaitu volume, kecepatan dan kepadatan. Secara teoritis terdapat hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas. Untuk mempermudah penerapan teori arus lalu lintas, digunakan metode

pendekatan untuk memahami karakteristik tersebut dengan menjabarkannya dalam model hubungan matematis dan grafis. (Jabeena, 2013).

Volume lalu lintas yang diekspresikan dibawah satu jam (sub jam) seperti, 15 menitan dikenal dengan istilah rate of flow atau nilai arus. Untuk mendapatkan nilai arus suatu segmen jalan yang terdiri dari banyak tipe kendaraan maka semua tipe-tipe kendaraan tersebut harus dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang (smp) (Fatimah Siti, 2019).

Kecepatan merupakan besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh. Biasanya dinyatakan dalam kilometer per jam (km/jam). Perencanaan jalan yang baik harus berdasarkan kecepatan yang dipilih dari keyakinan bahwa kecepatan tersebut sesuai dengan kondisi dan fungsi jalan yang diharapkan (Nawir, 2021). Sedangkan kepadatan merupakan kombinasi antara kecepatan dan volume lalu lintas (smp) serta mengukur besarnya total waktu perjalanan kendaraan yang diperlukan untuk menempuh masing-masing ruas jalan (Widodo et al., 2017).

Kapasitas jalan adalah jumlah maksimal kendaraan yang melewati suatu persimpangan atau ruas jalan selama waktu tertentu pada kondisi jalan dan lalu lintas dengan tingkat kepadatan yang ditetapkan (Nawir, 2021). Kapasitas jalan dipengaruhi oleh beberapa kondisi yang ada yaitu sifat fisik jalan, komposisi lalu dan kondisi lingkungan (Oglesby, 1999). Penentuan kapasitas jalan di Indonesia sampai saat ini masih menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (*Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*, n.d.). Akan tetapi, penggunaan buku manual tersebut sangat perlu kejelian karena dalam estimasinya tidak memperhatikan kondisi jalan dan karakteristik arus lalu lintasnya (Julianto, 2010).

Untuk mempermudah penerapan estimasi kapasitas jalan, digunakan metode pendekatan untuk memahami kondisi lalu lintas dan karakteristik arus lalu lintasnya dengan menjabarkannya dalam model hubungan matematis dan grafis (Widodo et al., 2017) (Li, 2008). Model yang digunakan untuk menganalisa hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas yaitu model greenshield, model greenberg dan model underwood (Ardekani & Ghandehari, 2011) (Barua & Das, 2015). Dari penerapan pendekatan model tersebut, maka dapat diketahui kapasitas di suatu ruas jalan dengan menggunakan teknik analisis regresi (Lu & Meng, 2013).

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Desmi & Yanti, 2019), melaporkan bahwa penerapan model greenshield, greenberg dan underwood ini sangat efektif untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas di suatu ruas jalan. Hal ini tentunya akan di dapatkan nilai kapasitas jalan, sehingga bisa di ketahui tingkat pelayanan di suatu ruas jalan tertentu (Lambert & Wolshon, 2010) (Vaziri et al., 2007). Akan tetapi, dalam pelaksanaan penelitiannya memerlukan data yang akurat dan harus dilakukan selama 24 jam untuk menggambarkan kondisi eksisting atau realita dilapangan (Hashim et al., 2015).

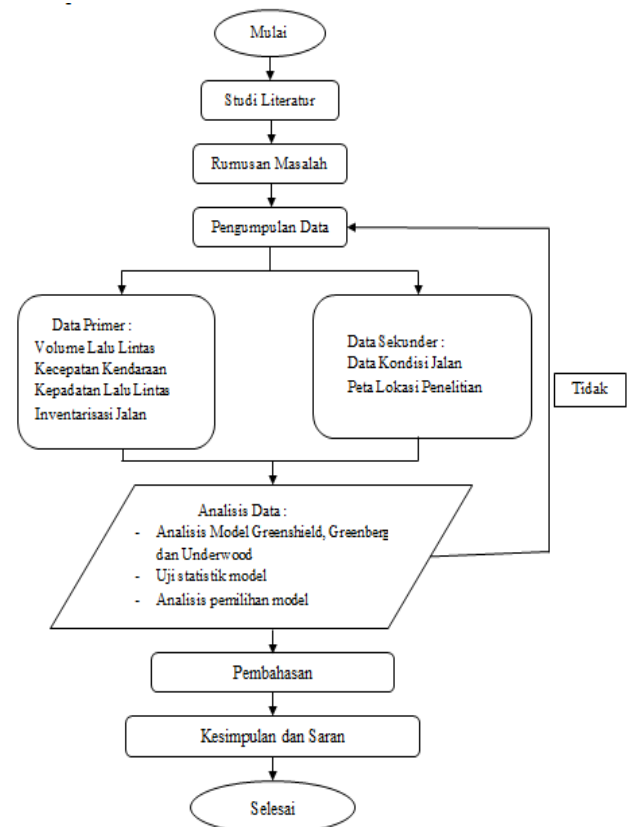
Ruas jalan KHZ Musthofa merupakan jalan arteri primer yang digunakan sebagai akses dan mobilitas utama untuk menghubungkan lokasi-lokasi vital di Kota Tasikmalaya. Tata guna di ruas jalan tersebut terdiri dari pusat pelayanan, pusat pemerintahan, pusat kegiatan, pusat pemerintahan, pusat perbelanjaan dan kawasan sekolah. Hal tersebut menjadikan ruas jalan KHZ Musthofa memiliki permasalahan transportasi, antara lain permasalahan karakteristik arus lalu lintas yang menyebabkan tingkat pelayanan jalan menurun dan kinerja lalu lintas tidak optimal.

Melihat kondisi transportasi yang terjadi di Ruas jalan KHZ Musthofa, maka perlu dilakukan penelitian mengenai karakteristik arus lalu lintas untuk meningkatkan

keamanan, keselamatan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik arus lalu lintas di Ruas Jalan KHZ Musthofa yang merupakan jalan arteri primer menghubungkan lokasi-lokasi vital di Kota Tasikmalaya dengan menggunakan beberapa model matematis yaitu model greenshield, greenberg dan underwood. Penelitian ini memiliki urgensi untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas yang sesuai dan paling mendekati kondisi eksisting dilapangan sehingga dapat digunakan sebagai dasar penentuan tingkat pelayanan di suatu ruas jalan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Ruas jalan KHZ Musthofa dengan ruang lingkup studi 100 meter dengan batas simpang tugu padayungan sampai dengan batas hotel amaris Kota Tasikmalaya. Berikut ini merupakan bagan alir penelitian yang ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian
Sumber : Hasil Analisis

Pengumpulan data volume lalu lintas dan data kecepatan didapatkan pada jam sibuk hari Senin, 21 Juni 2021 selama 12 jam dari pukul 06.00-18.00 WIB dengan melakukan perekaman video. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data inventarisasi jalan, perlengkapannya serta kondisi jalan dilakukan pada siang hari.

Teknik Pengumpulan Data Inventarisasi jalan

Survei inventarisasi jalan dilakukan untuk mendapatkan data geometrik jalan dan data prasarana dan perlengkapan jalan dengan cara melaksanakan observasi

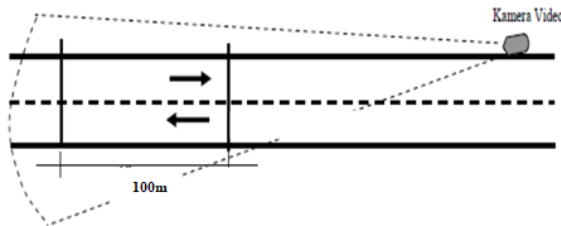
lapangan dan pengukuran langsung dengan bantuan alat pengukur jalan. Survei inventarisasi jalan dimaksudkan untuk memperoleh data guna menunjang kebutuhan dalam perhitungan kapasitas jalan.

Volume lalu lintas (V)

Survei perhitungan volume lalu lintas dimaksudkan untuk mengetahui jumlah arus lalu lintas dan populasi kendaraan yang bergerak di suatu lokasi penelitian. Survei ini dilakukan dengan menghitung komposisi kendaraan yang melewati Ruas Jalan KHZ Musthofa Kota Tasikmalaya dalam waktu tertentu. Pengumpulan data volume lalu lintas dan data kecepatan didapatkan pada Hari Senin, 21 Juni 2021 selama 12 jam (06.00-18.00 WIB) dengan melakukan perekaman video.

Kecepatan (S)

Survei kecepatan dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi kecepatan lalu lintas setempat. Survei ini dilakukan dengan cara memperhatikan hasil rekaman video yang telah didapatkan dari hasil survei yang sudah ditentukan titik atau jarak pengamatan. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan kecepatan dengan membandingkan antara waktu tempuh dan jarak (100 m).



Gambar 2. Skenario Peletakan Kamera Video

Kepadatan (D)

Kepadatan lalu lintas di dapatkan dari hasil perbandingan dari arus lalu lintas dengan kecepatan.

**Teknik Analisis Data
Analisis Model**

Untuk menentukan model matematis hubungan karakteristik arus lalu lintas terlebih dahulu harus mengestimasi parameter-parameter model dari model greenshield, greenberg dan underwood dengan menggunakan teknik analisis regresi dari hasil pengumpulan data primer yaitu volume lalu lintas, kecepatan dan kepadatan.

Model greenshield adalah model paling awal yang tercatat dalam usaha mengamati karakteristik arus lalu lintas di jalan raya. Pada Tahun 1934, Greenshield mengadakan studi pada jalur jalan di luar Kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas. Greenshield mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bersifat linier. Hubungan linier kecepatan dan kepadatan ini menjadi hubungan yang populer dalam tinjauan pergerakan arus lalu lintas, mengingat fungsi hubungannya yang paling sederhana sehingga mudah diterapkan. Model ini dapat dituliskan:

$$S = S_f - (S_f/D_j) D \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- S = Kecepatan rata-rata (km/jam)
- S_f = Kecepatan arus bebas(km/jam)
- D = Kepadatan rata-rata (smp/km)
- D_j = Kepadatan saat macet (smp/km)

Jika S= V/D disubtitusi kedalam formula (1), maka didapat hubungan volume (V) dengan kerapatan (D):

$$V/D = S_f - (S_f / D_j) D$$

$$V = S_f.D - (S_f / D_j)D^2 \dots\dots\dots (2)$$

Jika D= V/S disubtitusi ke dalam formula (2), maka didapat hubungan volume arus dengan (V) dengan Kecepatan (S) sebagai berikut:

$$S = S_f - (S_f / D_j) V/S$$

$$V = D_j.S - (D_j / S_f) S^2 \dots\dots\dots (3)$$

Volume maksimum terjadi pada saat nilai kepadatan optimum (D_o) yaitu jika turunan pertama formula (2) sama dengan nol.

$$V/D = S_f - 2.D (S_f/D_j) = 0 \text{ sehingga:}$$

$$D = D_j/2 \dots\dots\dots (4)$$

Jika nilai D_o disubtitusikan ke dalam formula (2) maka , Volume maksimum (V_{max}) bisa didapatkan:

$$V_{max} = (S_{ff} .D_j)/4 \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- D_j = kepadatan macet (smp/km)
- S_f = Arus bebas (km/jam)
- V_{maks} = Kapasitas (smp/jam).

Model greenberg mengasumsikan bahwa arus lalu lintas mempunyai kesamaan dengan arus fluida. Greenberg pada Tahun 1959 mengadakan studi yang dilakukan di terowongan dan menganalisis hubungan antara kecepatan dan kepadatan dengan menggunakan persamaan kontinuitas dan gerakan benda cair. Dengan asumsi tersebut, Greenberg mendapatkan hubungan antara Kecepatan - Kepadatan dalam bentuk logaritma.

$$S = S_o. \ln (D_j /D) \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

- S_o = Kecepatan optimum (km/jam)

Jika S = V/D disubtitusikan ke dalam formula (6) maka akan didapatkan model hubungan antara volume/arus dengan Kecepatan arus lalu lintas seperti pada formula (10).

$$V/D = S_o. \ln (D_j /D)$$

$$V = S_o. D .\ln (D_j/D) \dots\dots\dots (7)$$

Jika $D = V/S$ disubstitusikan ke dalam formula (6) maka akan didapatkan suatu model hubungan antara volume dengan kecepatan.

$$S = S_o \cdot \ln \dots \text{sehingga:} \\ V = D_j \cdot S \cdot e^{-(S/S_o)} \dots \dots \dots (8)$$

Arus maksimum terjadi pada saat tercapainya nilai kepadatan optimum (D_o), yaitu jika turunan pertama formula (7) sama dengan nol yaitu:

$$V/D = S_o \cdot \ln (D_j/D) - S_o = 0 \text{ sehingga:} \\ D = D_o = D_j / e \dots \dots \dots (9)$$

Selanjutnya bila nilai $D_o = D_j/e$ disubstitusikan ke formula (8) maka akan didapatkan nilai volume yang maksimum sehingga:

$$V_{maks} = S_o \cdot D_o \dots \dots \dots (10)$$

Model Underwood mengemukakan hubungan antara kecepatan dan kepadatan arus lalu lintas mengikuti fungsi eksponensial dengan bentuk formula:

$$S = S_f \cdot e^{(D/D_o)} \dots \dots \dots (11)$$

Dengan mengubah formula (11) ke dalam bentuk linear $Y = a + bX$ maka:

$$\ln S = \ln S_f - D/ D_o \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan:
 $Y = \ln S$
 $A = \ln S_f$
 $B = - 1/D_o$

Jika $V = S \times D$ disubstitusikan ke dalam formula (9) maka akan didapatkan suatu model hubungan antara volume dengan kerapatan arus lalu lintas, yaitu:

$$V/D = S_f \cdot e^{-(D/D_o)} \\ V = S_f \cdot D \cdot e^{-(D/D_o)} \dots \dots \dots (13)$$

Jika $D = V/S$ disubstitusikan ke dalam formula (9) maka, akan didapatkan suatu model hubungan antara volume dengan kecepatan arus lalu lintas sebagai berikut:

$$S = S_f \cdot e^{-(V/S)/D_o} \text{ sehingga:} \\ V = D_o \cdot S \cdot \ln (S_f / S) \dots \dots \dots (14)$$

Pada saat nilai kepadatan optimum (D_o), maka Volume Arus maksimum (V_{maks}) juga terjadi sehingga secara matematik didapatkan bahwa kondisi V_{maks} jika turunan pertama formula (14) sama dengan nol sehingga:

$$V_{max} = S_f \cdot D_o/e \dots \dots \dots (15)$$

Uji Statistik Model

Uji statistik model dilakukan untuk mengetahui apakah model yang didapatkan memenuhi persyaratan statistik. Jika Nilai F hitung dan t hitung yang dihasilkan lebih kecil dari nilai F tabel dan t tabel, secara statistik model tersebut ditolak.

Jika nilai F hitung dan t hitung yang dihasilkan lebih kecil dari nilai F tabel dan t tabel, secara statistik model tersebut ditolak. Untuk pengujian dua sisi pada Model Greenberg, nilai F hitung lebih kecil dari nilai F tabel. Hal ini berarti untuk model tersebut kurang bagus menggambarkan signifikansi pengaruh antara variabel bebas dengan variabel tidak bebas yang membentuk model pada lokasi studi.

Analisis Pemilihan Model

Dari ketiga parameter yang udah dianalisis hubungan matematisnya, selanjutnya dilakukan pemilihan model yang digunakan. Model terbaik adalah model yang bisa menggambarkan realita, yaitu model yang dimana variable-variabel bebas bisa secara signifikan menjelaskan variable-variabel tidak bebas.

Terdapat beberapa kriteria untuk memilih suatu model terbaik yaitu kriteria berdasarkan analisis statistik dan kriteria kemasukakalan (reasonable), antara lain nilai koefisien determinasi (r^2), uji signifikansi, nilai kecepatan arus bebas (S_f), nilai kepadatan macet (D_j), dan nilai kapasitas jalan (V_{maks}).

ANALISIS DAN PEMBAHASAN Presentasi Data Eksisting

Komposisi lalu lintas merupakan representasi data permodelan transportasi yang di dapatkan dari kondisi eksisting kemudian di hitung dengan permodelan transportasi yaitu Model Greenshield, Model Greenberd dan Model Underwood. Berikut ini merupakan hasil dari pengolahan data eksisting berupa Volume (V), Kecepatan (S) dan Kepadatan (D) di Ruas Jalan KHZ Musthofa Kota Tasikmalaya:

Tabel 1. Data Eksisting Pendukung Permodelan

Waktu	Volume (smp/jam)	Kecepatan (km/jam)	Kepadatan (smp/km)
06.00-06.15	471,55	45,16	10,44
06.15-06.30	506,05	43,67	11,20
06.30-06.45	541,60	41,53	12,63
06.45-07.00	595,15	40,57	14,25
07.00-07.15	740,90	37,97	19,06
07.15-07.30	687,90	39,85	16,84
07.30-07.45	677,10	39,79	16,59
07.45-08.00	634,05	39,90	15,47
08.00-08.15	596,00	41,11	14,08

Waktu	Volume (smp/jam)	Kecepatan (km/jam)	Kepadatan (smp/km)
08.15-08.30	547,40	42,38	12,52
08.30-08.45	583,65	43,45	13,04
08.45-09.00	562,20	44,00	12,39
09.00-09.15	556,00	44,81	12,03
09.15-09.30	548,90	45,81	11,61
09.30-09.45	523,70	45,42	11,16
09.45-10.00	514,35	45,94	10,83
10.00-10.15	480,05	45,04	10,28
10.15-10.30	507,60	43,36	11,32
10.30-10.45	536,10	42,80	12,13
10.45-11.00	531,30	42,21	12,18
11.00-11.15	508,40	42,30	11,62
11.15-11.30	551,30	41,30	12,94
11.30-11.45	515,10	40,16	12,40
11.45-12.00	508,95	42,91	11,47
12.00-12.15	479,30	40,26	11,48
12.15-12.30	490,65	42,47	11,15
12.30-12.45	498,90	41,72	11,55
12.45-13.00	584,90	42,47	13,37
13.00-13.15	534,55	41,75	12,40
13.15-13.30	514,35	43,75	11,37
13.30-13.45	564,30	42,55	12,86
13.45-14.00	559,25	43,32	12,52
14.00-14.15	502,45	40,47	12,00
14.15-14.30	446,85	43,27	9,93
14.30-14.45	494,45	44,24	10,79
14.45-15.00	466,95	41,28	10,90
15.00-15.15	528,50	42,77	11,96
15.15-15.30	493,50	41,88	11,38
15.30-15.45	551,05	41,09	13,00
15.45-16.00	613,25	40,36	14,77
16.00-16.15	756,05	38,77	19,06
16.15-16.30	670,30	39,75	16,44
16.30-16.45	675,60	39,36	16,73
16.45-17.00	603,20	41,12	14,26
17.00-17.15	634,20	40,54	15,22
17.15-17.30	618,20	41,84	14,37
17.30-17.45	613,80	42,07	14,19
17.45-18.00	612,75	42,54	14,01

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Data eksisting yang meliputi Volume (V), Kecepatan (S) dan Kepadatan (D) dijabarkan per 15 (lima belas) menit selama 12 (dua belas) jam mulai pukul 06.00 – 18.00 WIB menurut pengamatan di Ruas Jalan Jendral Sudirman. Hasil dari pengolahan data ini akan digunakan dalam analisis model karakteristik lalu lintas yaitu Model Greenshield, Model Greenberg dan Model Underwood untuk mengetahui karakteristik lalu lintas yang paling sesuai di Ruas Jalan KHZ Musthofa Kota Tasikmalaya.

Analisis Model

Untuk menentukan model matematis hubungan antara Volume (V), Kecepatan (S) dan Kepadatan (D) terlebih dahulu harus mengestimasi parameter-parameter model dengan menggunakan teknik analisis regresi dari hasil pengumpulan data primer yaitu volume lalu lintas, kecepatan dan kepadatan. Berikut ini merupakan hasil dari estimasi parameter model yang dilakukan:

Tabel 1. Parameter Model

Parameter	Model		
	Greenshield	Greenberg	Underwood
A	50,96	66,48	3,82
B	-0,66	-9,44	-0,026
Sf	50,96	-	43,27
So	25,48	9,44	13,23
Do2arah	38,57	38,60	20,66
Dj2arah	154,26	79,2	-

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Berikut ini merupakan struktur permodelan hubungan antara Volume (V), Kecepatan (S) dan Kepadatan (D) yang didapatkan dari memasukkan nilai-nilai parameter model:

Tabel 2. Struktur Model

Model	Model Lapangan
Greenshield	$S = 50,96 - (0,66)D$
	$V = 50,96 D - (0,66) D^2$
	$V = 77,13 S - (0,66) S^2$
Greenberg	$S = 66,48 - 9,44 \ln D$
	$V = 66,48 D - 9,44 D \ln D$
	$V = 39,60 \cdot \exp(-9,44 S)$
Underwood	$S = 43,27 \times \exp(-0,026 D)$
	$V = 43,27 D \times \exp(-0,026 D)$
	$V = 20,66 S \cdot \ln(43,27/S)$

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Uji Statistik Model

Uji statistik model dilakukan untuk mengetahui apakah model yang didapatkan memenuhi persyaratan statistik. Jika Nilai F hitung dan t hitung yang dihasilkan lebih kecil dari nilai F tabel dan t tabel, sehingga secara statistik model tersebut ditolak. Berikut ini merupakan hasil dari uji statistik model:

Tabel 3. Hasil Uji Statistik Model

Parameter	Model Greenshield	Model Greenberg	Model Underwood
A	50,96	66,48	3,82
B	-0,66	-9,44	-0,026
r ²	0,961	0,952	0,944
F	1.129	910,893	779,943

Parameter	Model Greenshield	Model Greenberg	Model Underwood
T	-33,605	-30,181	-27,927

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Pada semua model yang telah diuji, nilai nilai F hitung dan t hitung lebih besar dari nilai F tabel dan t tabel, dengan demikian kepadatan lalu lintas dapat mempengaruhi kecepatan kendaraan sehingga secara statistik dikatakan bahwa model yang terbentuk dapat diterima. Hal ini berarti untuk semua model tersebut dapat menggambarkan signifikansi pengaruh antara variabel bebas dengan variabel tidak bebas yang membentuk model pada lokasi studi.

Analisis Pemilihan Model

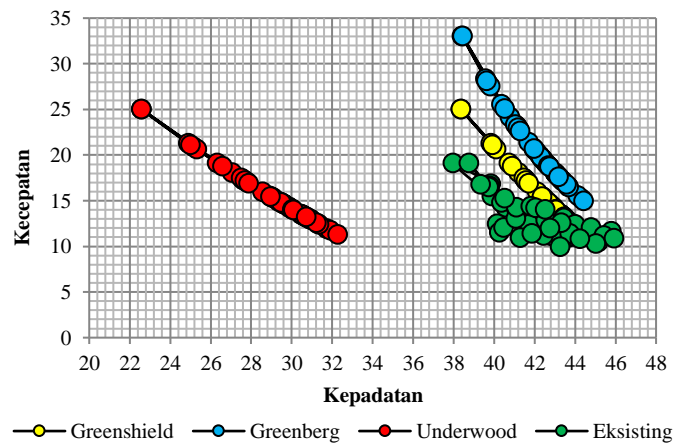
Model terbaik adalah model yang bisa menggambarkan realita, yaitu model yang dimana variable-variabel bebas bisa secara signifikan menjelaskan variable-variabel tidak bebas. Terdapat beberapa kriteria untuk memilih suatu model terbaik yaitu kriteria berdasarkan analisa statistik dan kriteria kemasukakalan (reasonable). Berikut ini merupakan langkah pemilihan model yang dapat digunakan pada lokasi studi adalah:

1. Nilai koefisien determinasi (r^2)
 Nilai koefisien determinasi (r^2) ketiga model berturut-turut dari yang tertinggi adalah Model Greenshield, Model Greenberg dan Model Underwood;
2. Uji signifikansi
 Dari hasil uji statistik model, dapat dilihat bahwa hubungan antara variabel-variabel arus lalu lintas pada semua model sangat signifikan saling mempengaruhi satu sama lain. Ini terlihat dari nilai F hitung dan t hitung lebih besar dari F tabel dan t tabel.
3. Nilai kecepatan arus bebas (S_f)
 Nilai kecepatan yang diambil dari ketiga model adalah yang paling tinggi. Karena semakin tinggi nilai kecepatan arus bebas berarti nilai tersebut semakin mendekati kondisi sebenarnya. Dari hasil analisis sebelumnya didapatkan bahwa nilai kecepatan arus bebas dari yang paling tinggi yaitu Model Greenshields, Model Underwood dan Model Greenberg.
4. Nilai kepadatan macet (D_j)
 Nilai D_j yang terbaik adalah nilai yang paling mendekati kondisi lapangan. Nilai D_j kondisi lapangan diperkirakan berkisar antara 185 – 250 kendaraan per mil atau 120 – 160 kend per km (May, A.D.1990). Berdasarkan dengan nilai D_j dari beberapa model, maka model yang paling mendekati untuk kerapatan macet (D_j) berturut-turut adalah Model Greenshield, Model Greenberg dan Model Underwood.
5. Nilai kapasitas jalan (V_{maks})
 Nilai kapasitas secara empiris yang lazim untuk tipe jalan 4/2 UD adalah berkisar 3800 smp/jam (MKJI 1997). Hasil perhitungan kapasitas jalan pada Model Greenshield $V_{maks} = 3.930,64$ smp/jam,

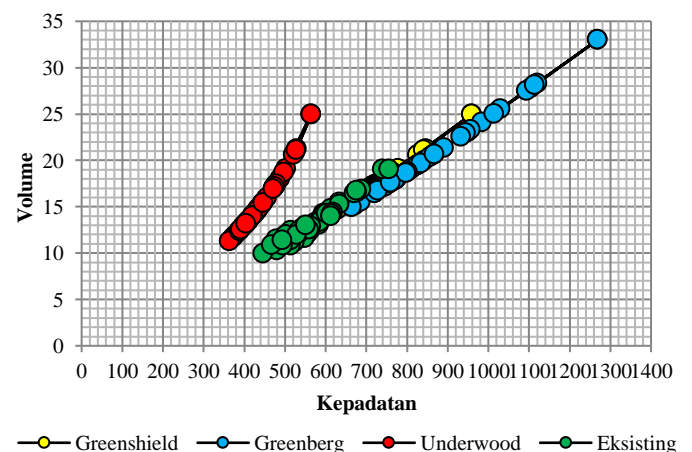
Model Greenberg $V_{maks} = 2.566,35$ smp/jam dan Model Underwood $V_{maks} = 3.376,62$ smp/jam.

Dari kelima kriteria tersebut maka Model Hubungan antara Kecepatan (S) – Kepadatan (D) – Volume (V) yang sesuai pada lokasi studi adalah Model Greenshield. Dari struktur model tersebut dapat diketahui beberapa karakteristik arus lalu lintas di lokasi studi, yaitu kecepatan arus bebas (S_f) = 50,96 km/jam , kepadatan macet yang terjadi (D_j) = 77,13 smp/km dan volume maksimum atau kapasitas jalan (V_{maks}) = 3.930,64 smp/jam.

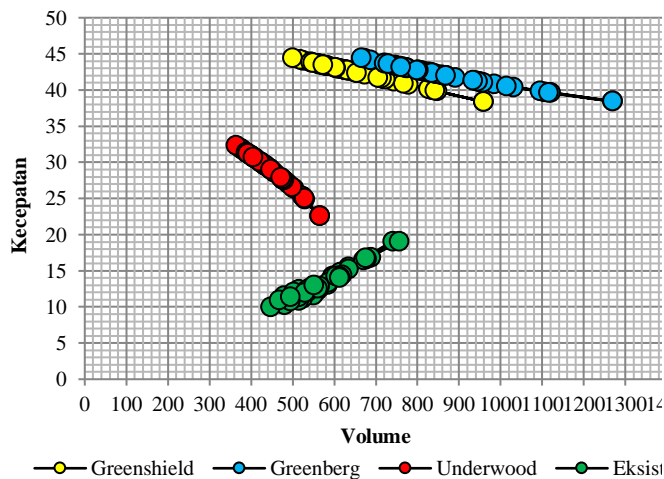
Berdasarkan dari analisis model hubungan antara Volume (V), Kecepatan (S) dan Kepadatan (D) lalu lintas, maka dapat diilustrasikan dengan grafik pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5:



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Kecepatan (S) dengan Kepadatan (D) Model Greenshield, Model Greenberg dan Model Underwood
 Sumber : Hasil Analisis, 2021



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Kepadatan (D) dan Volume (V) Model Greenshield, Model Greenberg dan Model Underwood
 Sumber : Hasil Analisis, 2021



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Volume (V) dan Kecepatan (S) Model Greenshield, Model Greenberg dan Model Underwood
Sumber : Hasil Analisis, 2021

Dari ketiga gambar grafik model tersebut dapat kita lihat bahwa permodelan karakteristik lalu lintas yang paling mendekati dan paling sesuai dengan kondisi eksisting lokasi studi yaitu Model Greenshield.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis data, dapat ditarik kesimpulan bahwa karakteristik lalu lintas yang paling sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan berdasarkan analisis model terpilih pada Ruas Jalan KHZ Musthofa yaitu Model Greenshield dengan kecepatan arus bebas (S_f) = 52,043 km/jam, kepadatan macet yang terjadi (D_j) = 70,207 smp/km dan volume maksimum atau kapasitas jalan (V_{maks}) = 3.654,088 smp/jam. Adapun struktur model hubungan antara kecepatan (S) dan kepadatan (D) yaitu $S = 50,96 - (0,66)D$, untuk model hubungan antara volume (V) dan kepadatan (D) yaitu $V = 50,96 D - (0,66) D^2$, untuk model hubungan antara volume (V) dan kecepatan (S) yaitu $V = 77,13 S - (0,66) S^2$.

Untuk karakteristik arus lalu lintas Model Greenberg didapatkan struktur model hubungan antara kecepatan (S) dan kepadatan (D) yaitu $S = 66,48 - 9,44 \ln D$, untuk model hubungan antara volume (V) dan kepadatan (D) yaitu $V = 66,48 D - 9,44 D \ln D$, untuk model hubungan antara volume (V) dan kecepatan (S) yaitu $V = 39,60 \cdot \exp(-9,44 S)$. Sedangkan untuk Model Underwood didapatkan struktur model hubungan antara kecepatan (S) dan kepadatan (D) yaitu $S = 43,27 \times \exp(-0,026 D)$, untuk model hubungan antara volume (V) dan kepadatan (D) yaitu $V = 43,27 D \times \exp(-0,026 D)$, untuk model hubungan antara volume (V) dan kecepatan (S) yaitu $V = 20,66 S \cdot \ln(43,27/S)$.

DAFTAR PUSTAKA

Ardekani, S. A., & Ghandehari, M. (2011). *MACROSCOPIC SPEED-FLOW MODELS FOR CHARACTERIZATION OF FREEWAY AND MANAGED LANES*. Lxi.
Barua, S., & Das, A. (2015). *ESTIMATION OF TRAFFIC DENSITY TO COMPARE SPEED- DENSITY*

MODELS WITH MOVING OBSERVER DATA.

2319–2322.
Desmi, A., & Yanti, R. (2019). *Effectiveness of Characteristic Model of Traffic Flows in Simpang 4 Road Bireun (Comparison with Greenshield, Greenberg, Underwood) Methods*. 19(4).
Fatimah Siti. (2019). *PENGANTAR TRANSPORTASI - Siti Fatimah - Google Buku*. In Myria Publiser.
Hashim, N., Mustapha, N., Nur, N., & Nik, W. (2015). *Outflow of traffic from the national capital Kuala Lumpur to the north, south and east coast highways using flow, speed and density relationships*. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 3(6), 540–548.
<https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.03.007>
Jabeena, M. (2013). *Comparative Study Of Traffic Flow Models And Data Retrieval Methods From Video Graphs*. 3(6), 1087–1093.
Julianto, E. N. (2010). *RUAS JALAN SILIWANGI SEMARANG*. D(024), 151–160.
Lambert, L., & Wolshon, B. (2010). *Characterization and comparison of traffic flow on reversible roadways*. 113–122. <https://doi.org/10.1002/atr>
Li, M. Z. F. (2008). *A Generic Characterization of Equilibrium Speed-Flow Curves*. 42(2), 220–235. <https://doi.org/10.1287/trsc.1070.0201>
Lu, Z., & Meng, Q. (2013). *Analysis of Traffic Speed-Density Regression Models -A Case Study of Two Roadway Traffic Flows in China*. 9(1986).
Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. (n.d.).
May, A. D. (2002). *Traffic Flow Theory*.
Nawir, D. (2021). *MANAJEMEN LALU LINTAS*.
Oglesby, C. H. (1999). *Teknik Jalan Raya (Cet. ke-2)*. Gramedia.
Vaziri, M., Jafarabady, R., & Bindra, S. P. (2007). *Modeling Highway Congestion Index for a Developing Country: The Iran Experience*. 14(1).
Widodo, B. P., Sulistio, H., Wicaksono, A., & Djakfar, L. (2017). *ANALYSIS OF TRAFFIC CHARACTERISTICS AND GOODS TRANSPORT IN MANADO , INDONESIA*. 13(40), 112–117.