

MODEL HUBUNGAN ARUS, KECEPATAN, DAN KEPADATAN DI JALAN EMPAT LAJUR DUA ARAH

Willy Kriswardhana¹⁾, Marco Sukma Widanar²⁾, Syamsul Arifin³⁾,
Sonya Sulistyono⁴⁾

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember
email: marcosukma7@gmail.com²⁾, syamsul.teknik@unej.ac.id³⁾,
sonya.sulistyono@unej.ac.id⁴⁾

*Corresponding author: willy.teknik@unej.ac.id¹⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v10i1.273>

(Received: January 2020 / Revised: February 2020 / Accepted: March 2020)

Abstrak

Arus lalu lintas pada Jalan Gajah Mada dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, hal ini disebabkan perkembangan pada daerah Jalan tersebut. Untuk menemukan suatu model transportasi yang sesuai pada jalan ini, terlebih dahulu diperlukan pengetahuan mengenai karakteristik lalu – lintas dan model hubungan antar karakteristik tersebut. Penelitian ini bertujuan menganalisis model hubungan antar karakteristik volume (V), kecepatan (S) dan kepadatan (D) lalu lintas sesuai dengan kondisi yang ada dengan dasar pedoman Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Survei data meliputi volume dan kecepatan lalu lintas dengan metode manual *counting*, sedangkan analisis model meliputi model *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood*. Hasil analisis menunjukkan bahwa untuk arah kota model yang sesuai dilihat dari nilai (R^2) adalah Model *Underwood* sebesar 0,393 dan untuk arah luar kota yaitu Model *Greenberg* dengan nilai (R^2) sebesar 0,43. Untuk nilai kapasitas yang mendekati hasil dari metode MKJI 1997 pada arah kota maupun arah luar kota yaitu Model *Underwood*.

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

Abstract

Traffic flow on Jalan Gajah Mada has increased annually. This is due to developments in this area of road. To find a suitable traffic model for this road, knowledge of traffic characteristics and the model of the relationship between these characteristics are required. This study aims to analyze the model of the relationship between the characteristics of the volume (V), speed (S) and density (D) of traffic according to existing conditions with the basic guidelines of the Indonesian Road Capacity Manual (IHCM 1997). The survey data includes the volume and speed with the manual counting method, while the analysis of the model includes the Greenshield, Greenberg and Underwood models. The results of the analysis show that for the direction to the city, the appropriate model seen from the value (R^2) is the Underwood Model of 0.393. Meanwhile, for the out of town direction, the Greenberg Model shows a value (R^2) of 0.43. For capacity values close to the results of the 1997 IHCM method is Underwood Model.

Keywords: *greenshield, greenberg, underwood, relationship model*

1. Latar Belakang

Kinerja lalu lintas seringkali dihubungkan dengan parameter volume, kecepatan, dan kepadatan. Volume lalu-lintas berhubungan erat dengan kecepatan kendaraan yang melewati suatu ruas jalan tersebut. Menurut Sunardi dkk (2013),

kecepatan merupakan jarak yang dapat ditempuh kendaraan dalam satuan waktu tertentu. Peningkatan atau penurunan kecepatan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi kendaraan yang menempati sepanjang ruas jalan tersebut. Kondisi ini sering disebut dengan kepadatan atau kerapatan lalu lintas. Kepadatan merupakan jumlah kendaraan yang menempati panjang ruas jalan tertentu dengan satuan kend/km (Gamran dkk, 2015). Kepadatan menjadi parameter penting bagi pengendara yang melintasi suatu ruas jalan tertentu untuk menentukan kecepatan yang digunakan oleh pengendara.

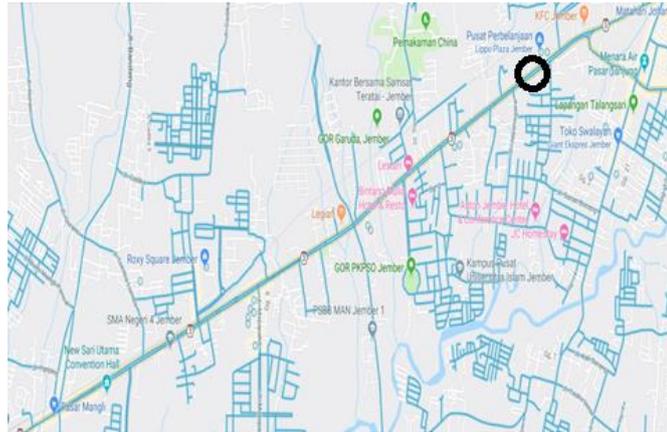
Penelitian tentang model hubungan antar karakteristik tersebut sebelumnya pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Budi dan Sihite (2017) melakukan kajian pra-penelitian pada Simpang Gajah di Kota Semarang dalam rangka membandingkan kinerja dan indikasi pergeseran nilai dari formulasi MKJI dan PKJI dengan kondisi lapangan. Hasil dari pra-penelitian ini menyatakan bahwa terdapat perbedaan antara hasil perhitungan teoritis (baik MKJI maupun PKJI) dengan kondisi di lapangan. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Julianto (2010) tentang hubungan antara kecepatan (S), volume (V) dan kepadatan lalu lintas (D) Ruas Jalan Siliwangi Semarang menunjukkan bahwa model hubungan V-S-D yang sesuai untuk Ruas Jalan Siliwangi Semarang yaitu Model *Greenberg* dengan nilai (r^2) sebesar 0,773. Sedangkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Wibisana (2007) tentang studi hubungan arus lalu lintas di ruas Jalan Rungkut Asri Kota Madya Surabaya dengan Metode *Underwood* menghasilkan nilai Sff (kecepatan pada kerapatan terendah) sebesar 85,357 km/jam dan nilai Dj (kerapatan tertinggi) sebesar 66,67 smp/km. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Sunardi dkk (2013) menunjukkan nilai kapasitas/volume maksimum pada hari Senin sebesar 12.065 smp/jam dengan kecepatan 16,8 km/jam dan untuk hari Sabtu menghasilkan kapasitas sebesar 12.666 smp/jam dengan kecepatan 11,56 km/jam. Lebih lanjut, Gamran dkk (2015) melakukan penelitian tentang analisa perbandingan kapasitas di Ruas Jalan Raya Manado-Tomohon menyatakan bahwa model yang mendekati perhitungan MKJI 1997 adalah Model *Greenberg*.

Dari hasil penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa pedoman dasar MKJI 1997 kurang sesuai lagi untuk digunakan dengan kondisi lalu lintas yang sudah berkembang saat ini. Tindak lanjut dari penelitian-penelitian tersebut adalah perlu dilakukan penelitian menggunakan model *greenshield*, *greenberg* dan *underwood* dalam menghubungkan arus, kecepatan dan kepadatan pada ruas jalan untuk mencari nilai kapasitas ruas jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari model manakah yang sesuai untuk kondisi Jalan Gajah Mada Jember saat ini, dan juga membandingkan hasil nilai kapasitas antara Pedoman Dasar MKJI 1997 dengan Model *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood*.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada ruas jalan Gajah Mada Kabupaten Jember. Jalan Gajah Mada merupakan jalan kolektor primer di Kabupaten Jember. Jalan Gajah Mada merupakan jalan 4 lajur dengan 2 arah yang dibatasi oleh median. Pada segmen jalan Gajah Mada, lokasi yang ditinjau yaitu ± 100 meter dari kamera CCTV yang terletak di depan Maradona.



Gambar 1 Lokasi penelitian

2.2 Pengumpulan Data

Dalam hal ini, kegiatan yang dilakukan yaitu pengukuran jalan untuk memperoleh informasi terkait dengan kondisi geomterik jalan yang meliputi pengukuran lebar bahu jalan, jumlah dan lebar lajur, serta lebar median. Jalan Gajah Mada memiliki kriteria geometrik jalan yaitu berjumlah 4 lajur dengan bahu jalan yang diperkeras dan dibatasi median.

Besarnya volume lalu-lintas didapatkan dengan pencatatan banyaknya kendaraan dari video volume lalu lintas yang telah diberikan oleh pihak Dinas Perhubungan. Pencatatan volume ini dimulai pada pukul 06.00 WIB–21.00 WIB. Alat yang diperlukan dalam pencatatan volume lalu lintas ini adalah *hand counter*, laptop/komputer.

Dalam hal ini kecepatan kendaraan didapat dari pengamatan langsung di lapangan mulai pukul 06.00 WIB – 21.00 WIB. Pengambilan data ini menggunakan jarak pengamatan ± 100 meter. Alat yang digunakan pada pengambilan data ini adalah *speed gun*. Alat ini diperoleh dari pihak Dinas Perhubungan Kabupaten Jember. Pencatatan ini dilakukan oleh dua orang surveyor. Satu orang mengambil kecepatan kendaraan dengan alat speed gun dan orang kedua yang mencatat hasil kecepatan kendaraan. Pada penelitian ini diambil sampel sebanyak – banyaknya per 15 menit untuk semua jenis kendaraan.

2.3 Analisis Data

Analisis data menggunakan data kecepatan dengan kepadatan. Setelah dilakukan analisis, kemudian dihitung nilai koefisien korelasi (r) dan koefisien determinasi (R^2) untuk mengetahui kuat tidaknya hubungan yang terjadi pada model *greenshield*, *greenberg* dan *underwood*.

$$r = \frac{n \sum (XY) - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - \sum (X)^2][n \sum Y^2 - \sum (Y)^2]}} \quad (1)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i^{\wedge} - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^N (Y_i^{\wedge} - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

dengan:

Y_i = nilai hasil estimasi (pemodelan)

Y_i^{\wedge} = nilai hasil observasi (pengamatan)

\bar{Y} = rata – rata hasil observasi

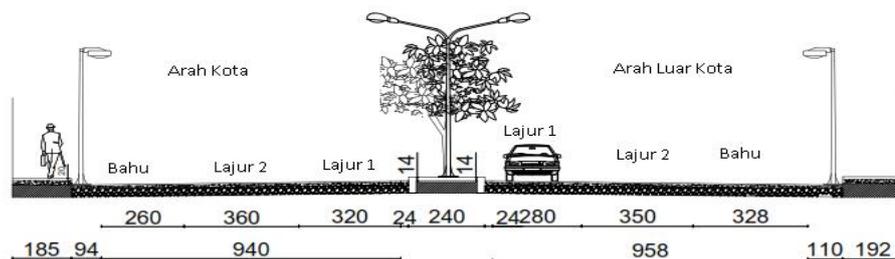
Selanjutnya didapat hubungan kecepatan dengan kepadatan, volume dengan kepadatan, dan volume dengan kecepatan berdasarkan model *greenshield*, *greenberg* dan *underwood* dapat disajikan dalam bentuk grafik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

3.1.1 Geometrik Jalan

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, maka didapatkan data geometrik jalan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Potongan melintang jalan

Berdasarkan Gambar 2 maka didapat lebar per lajur, lebar bahu, median dan trotoan untuk arah kota maupun arah luar kota. Pengukuran dilakukan oleh 4 orang surveyor dengan menggunakan alat *walking distance meter*.

3.1.2 Model *Greenshield*

Greenshield menyatakan bahwa untuk hubungan kecepatan dengan kepadatan berbentuk *linier*. Berikut hasil dari hubungan antar parameter untuk model *greenshield* pada arah kota maupun arah luar kota.

Tabel 1 Data regresi model *greenshield* untuk arah kota

Waktu	No	Yi (S)	Xi (D)	Yi ²	Xi ²	Xi*Yi
06.00 - 06.15	1	38,157	21,417	1455,968	458,675	817,2
Sampai dengan pukul 20.45 -21.00, sehingga						
20.45.00 - 21.00	60	34,35	35,435	1179,923	1255,655	1217,2
Σ		2167,767	2612,378	78961,024	121635,608	92997,8

Dari Tabel 1 maka dapat dihitung besarnya koefisien determinasinya (R^2) adalah sebesar:

$$r = \frac{(60 \times 92997,8) - (2612,378 \times 2167,767)}{\sqrt{(60 \times 121635,608 - (2612,378)^2)(60 \times 78961,024 - (2167,767)^2)}}$$

$$r = -0,616$$

$$R^2 = 0,38$$

Tabel 2 Data regresi model *greenshield* untuk arah luar kota

Waktu	No	Yi (S)	Xi (D)	Yi ²	Xi ²	Xi*Yi
06.00 - 06.15	1	35,8	18,101	1281,64	327,63	648
Sampai dengan pukul 20.45 -21.00, sehingga						
20.45.00 - 21.00	60	31,007	30,077	961,443	904,622	932,6
Σ		2038,862	2340,144	70199,578	96958,731	78049,8

Dari Tabel 2 maka dapat dihitung nilai koefisien determinasinya (R^2) adalah sebesar:

$$r = \frac{(60 \times 78049,8) - (2340,144 \times 2038,862)}{\sqrt{(60 \times 96958,731 - (2340,144)^2)(60 \times 70199,578 - (2038,862)^2)}}$$

$$r = -0,644$$

$$R^2 = 0,415$$

3.1.3 Model Greenberg

Greenberg menyatakan bahwa untuk hubungan kecepatan dengan kepadatan berbentuk *logaritmik*. Berikut hasil dari hubungan antar parameter untuk model *greenberg* pada arah kota maupun arah luar kota.

Tabel 3 Data regresi model *greenberg* untuk arah kota

Waktu	No	Yi (S)	D	ln D (Xi)	Yi ²	Xi ²	Xi*Yi
06.00 - 06.15	1	38,157	21,417	3,064	1455,968	9,389	116,92
Sampai dengan pukul 20.45 -21.00, sehingga							
20.45 - 21.00	60	34,35	35,435	3,568	1179,923	12,729	122,551
Σ		2167,767	2612,378	224,485	78961,024	843,704	8080,151

Dari Tabel 3 maka dapat dihitung besaran koefisien determinasinya (R^2) adalah:

$$r = \frac{(60 \times 8080,151) - (224,485 \times 2167,767)}{\sqrt{(60 \times 843,704 - (224,485)^2)(60 \times 78961,024 - (2167,767)^2)}}$$

$$r = -0,615$$

$$R^2 = 0,378$$

Tabel 4 Data regresi model *greenberg* untuk arah luar kota

Waktu	No	Yi (S)	D	ln D (Xi)	Yi ²	Xi ²	Xi*Yi
06.00 - 06.15	1	35,8	18,101	2,896	1281,64	8,386	103,675
Sampai dengan pukul 20.45 -21.00, sehingga							
20.45.00 - 21.00	60	31,007	30,077	3,404	961,443	11,586	105,541
Σ		2038,862	2340,144	217,529	70199,578	793,765	7346,94

Dari Tabel 4 maka dapat dihitung besarnya koefisien determinasinya (R^2) adalah:

$$r = \frac{(60 \times 7346,94) - (217,529 \times 2038,862)}{\sqrt{(60 \times 793,765 - (217,529)^2)(60 \times 70199,578 - (2038,862)^2)}}$$

r = -0,656
R² = 0,43

3.1.4 Model Underwood

Underwood menyatakan bahwa untuk hubungan kecepatan dengan kepadatan berbentuk eksponensial. Berikut hasil dari hubungan antar parameter untuk model greenberg pada arah kota maupun arah luar kota.

Tabel 5 Data regresi model *underwood* untuk arah kota

Waktu	No	S	D (Xi)	ln S (Yi)	Yi ²	Xi ²	Xi*Yi
06.00 - 06.15	1	38,157	21,417	3,642	13,262	458,675	77,993
Sampai dengan pukul 20.45 -21.00, sehingga							
20.45 - 21.00	60	34,35	35,435	3,537	12,508	1255,655	125,32
Σ		2167,767	2612,378	214,974	770,744	121635,608	9320,035

Dari Tabel 5 maka koefisien determinasinya (R²) adalah:

$$r = \frac{(60 \times 9320,035) - (2612,378 \times 214,974)}{\sqrt{(60 \times 121635,608 - (2612,378)^2)(60 \times 770,744 - (214,974)^2)}}$$

r = -0,627
R² = 0,393

Tabel 6 Data regresi model *underwood* untuk arah luar kota

Waktu	No	S	D (Xi)	ln S (Yi)	Yi ²	Xi ²	Xi*Yi
06.00 - 06.15	1	35,8	18,101	3,578	12,802	327,63	64,763
Sampai dengan pukul 20.45 -21.00, sehingga							
20.45.00 - 21.00	60	31,007	30,077	3,434	11,794	904,622	103,29
Σ		2038,862	2340,144	211,168	743,947	96958,731	8194,836

Dari Tabel 6 maka koefisien determinasinya (R²) adalah :

$$r = \frac{(60 \times 8194,836) - (2340,144 \times 211,168)}{\sqrt{(60 \times 96958,731 - (2340,144)^2)(60 \times 743,947 - (211,168)^2)}}$$

r = -0,632
R² = 0,399

3.1.5 Kapasitas

Kapasitas merupakan arus maksimum suatu jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam. Kapasitas dinyatakan dalam satuan smp/jam. Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997), kapasitas dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \quad (3)$$

dengan:

- C = kapasitas (smp/jam)
- C_o = kapasitas dasar (smp/jam)
- FC_w = faktor penyesuaian lebar jalan
- FC_{sp} = faktor penyesuaian arah lalu – lintas
- FC_{sf} = faktor penyesuaian gesekan gesekan samping dan kerb
- FC_{cs} = faktor ukuran kota

Berdasarkan pada rumus di atas tentang perhitungan kapasitas menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997), maka didapat hasil untuk arah kota dan arah luar kota sebagai berikut:

a. Arah ke kota:

$$C_o = 3300$$

$$FC_w = 0,984$$

$$FC_{sp} = 1$$

$$FC_{sf} = 1,02$$

$$FC_{cs} = 1$$

Sehingga, kapasitas untuk arah kota didapat sebesar :

$$C = 3300 \times 0,984 \times 1 \times 1,02 \times 1 = 3312,144 \text{ smp/jam}$$

Jadi untuk arah ke kota, kapasitas yang didapat sebesar 3312,144 smp/jam.

b. Arah Luar Kota

$$C_o = 3300$$

$$FC_w = 0,944$$

$$FC_{sp} = 1$$

$$FC_{sf} = 1,02$$

$$FC_{cs} = 1$$

Sehingga, kapasitas untuk arah kota didapat sebesar:

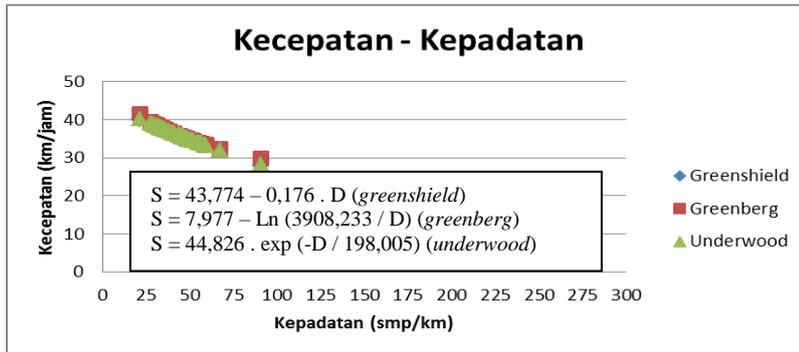
$$C = 3300 \times 0,944 \times 1 \times 1,02 \times 1 = 3177,504 \text{ smp/jam.}$$

3.2 Pembahasan

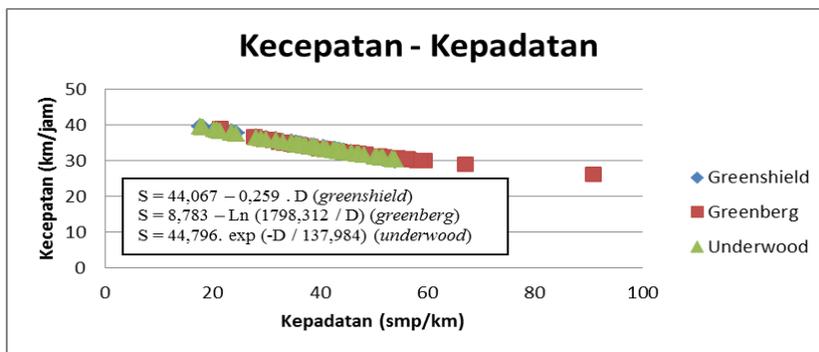
Dari hasil pengolahan data tersebut diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) untuk masing–masing model. Berdasarkan masing–masing model tersebut, didapat untuk arah kota nilai (R^2) tertinggi yaitu model *underwood* sebesar 0,393. Sedangkan untuk arah luar kota nilai (R^2) tertinggi yaitu model *greenberg* sebesar 0,43. Nilai (R^2) untuk arah kota maupun arah luar kota tersebut memiliki nilai yang kurang baik. Hal ini dikarenakan terdapat banyak faktor yang mempengaruhi, di antaranya yaitu terdapat gangguan simpang dan hambatan samping pada saat pengambilan data di lapangan. Karena pada dasarnya untuk model *greenshield*, *greenberg* dan *underwood* digunakan pada jalan yang bebas hambatan seperti jalan tol, terowongan dll.

Setelah dilakukan pengolahan data pada setiap model, maka dihasilkan persamaan–persamaan untuk setiap hubungan kecepatan dengan kepadatan (S-D), volume dengan kepadatan (V-D) dan volume dengan kecepatan (V-S) untuk masing–masing model. Dari hasil persamaan tersebut maka didapat grafik hubungan antar parameter untuk masing–masing model sebagai berikut:

a. Hubungan kecepatan dengan kepadatan



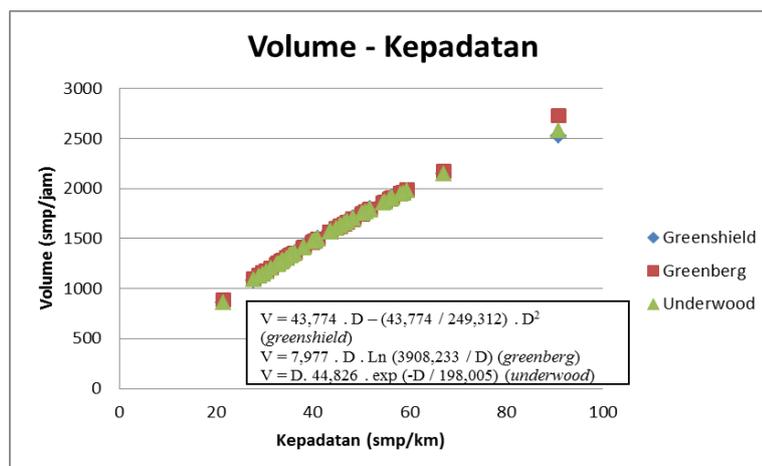
Gambar 3 Hubungan kecepatan dengan kepadatan arah kota



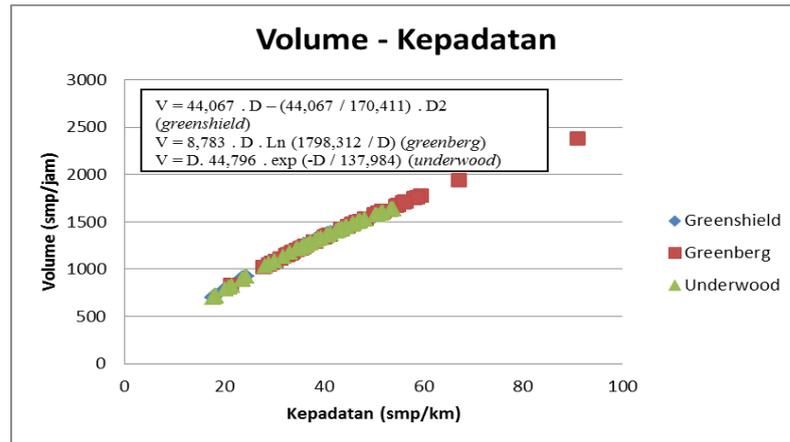
Gambar 4 Hubungan kecepatan dengan kepadatan arah luar kota

Berdasarkan Gambar 3 dan 4, didapat persamaan untuk masing – masing model. Untuk model *greenshield* berbentuk *linier*, model *greenberg* berbentuk *logaritmik* dan model *underwood* berbentuk *exponensial*.

b. Hubungan volume dengan kepadatan



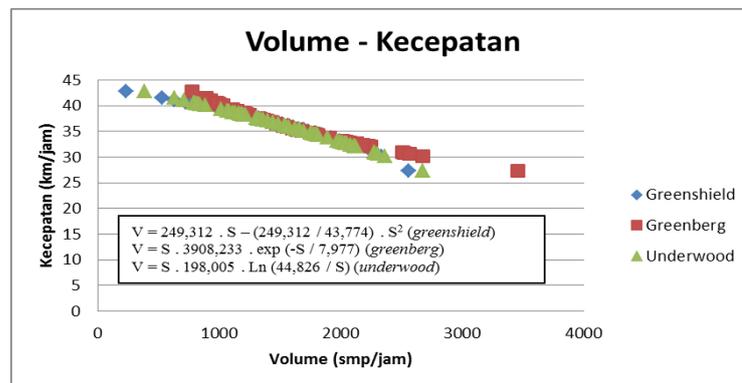
Gambar 5 Hubungan volume dengan kepadatan arah kota



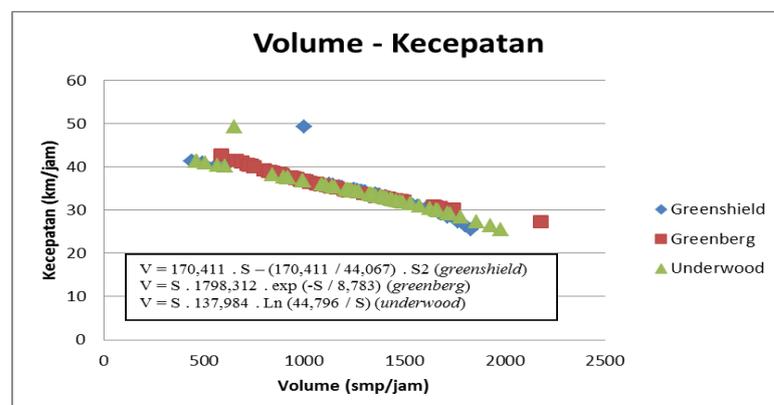
Gambar 6 Hubungan volume dengan kepadatan arah luar kota

Sama halnya dengan hubungan kecepatan dan kepadatan, berdasarkan Gambar 5 dan 6 untuk hubungan volume dengan kepadatan dapat dilihat bahwa model *greenshield* berbentuk *linier*, model *greenberg* berbentuk *logaritmik* dan model *underwood* berbentuk *exponensial*.

c. Hubungan volume dengan kecepatan



Gambar 7 Hubungan volume dengan kecepatan arah kota



Gambar 8 Hubungan volume dengan kecepatan arah luar kota

Dari Gambar 7 dan 8 untuk hubungan volume dengan kecepatan dapat dilihat bahwa model *greenshield* merupakan suatu bentuk *linier*, sedangkan model *greenberg* berbentuk *exponensial* dan model *underwood* berbentuk *logaritmik*.

Berdasarkan persamaan-persamaan untuk setiap hubungan parameter tersebut, juga didapatkan nilai volume maksimum (kapasitas). Nilai kapasitas untuk masing – masing model dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Nilai kapasitas

Variabel	Satuan	Model		
		<i>Greenshield</i>	<i>Greenberg</i>	<i>Underwood</i>
Kapasitas (arah kota)	smp/jam	2728,357	11468,455	3265,246
Kapasitas (arah luar kota)	smp/jam	1877,362	5810,257	2273,916

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari Model *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood* untuk arah ke kota didapat Model yang sesuai dilihat dari nilai koefisien determinasi (R^2) yang paling tinggi yaitu Model *Underwood* sebesar 0,393 yang memiliki persamaan untuk tiap – tiap hubungan yaitu (S-D) $S = 44,826 \cdot \exp(-D / 198,005)$; (V-S) $V = S \cdot 198,005 \cdot \ln(44,826 / S)$; (V-D) $V = D \cdot 44,826 \cdot \exp(-D / 198,005)$.
2. Sedangkan untuk arah luar kota didapat model yang sesuai yaitu Model *Greenberg* dengan (R^2) sebesar 0,43 yang memiliki persamaan untuk tiap – tiap hubungan yaitu (S-D) $S = 8,783 - \ln(1798,312 / D)$; (V-S) $V = S \cdot 1798,312 \cdot \exp(-S / 8,783)$; (V-D) $V = 8,783 \cdot D \cdot \ln(1798,312 / D)$.
3. Dari hasil perhitungan kapasitas menggunakan ketiga model tersebut didapatkan model yang paling sesuai untuk ruas Jalan Gajah Mada pada arah ke kota yaitu model *Underwood* dengan nilai 3265,246 smp/jam dikarenakan paling mendekati hasil perhitungan kapasitas MKJI 1997 dengan nilai 3312,144 smp/jam. Sedangkan untuk arah ke luar kota yaitu model *Underwood* dengan nilai 2273,916 smp/jam dikarenakan paling mendekati hasil perhitungan kapasitas MKJI 1997 dengan nilai 3177,504 smp/jam.

4.2 Saran

Penelitian selanjutnya dapat menggunakan model-model analisis karakteristik arus lalu-lintas yang lainnya, seperti Model *Bell* untuk dibandingkan dengan penelitian ini. Selain itu, untuk penelitian selanjutnya, pengambilan data dilakukan di jalan yang arus lalu – lintas nya tidak terganggu dengan adanya simpang ataupun hambatan samping guna mendapatkan hasil yang lebih baik.

Daftar Kepustakaan

- Budi, S. dan Sihite, G. 2017. Perbandingan Kinerja Simpang Bersinyal Berdasarkan PKJI 2014 dan Pengamatan Langsung (Studi kasus: Simpang Jl. Brigjend Sudiarto/Jl.Gajah Raya/Jl. Lamper Tengah Kota Semarang). Jurnal Karya Teknik Sipil. 6(2): 180-193.

- Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Bina Marga. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Departemen Pekerjaan Umum.
- Gamran, R., Jansen, F., dan Paransa, M. J. 2015. Analisa Perbandingan Perhitungan Kapasitas Menggunakan Metode Greenshields, Greenberg, dan Underwood Terhadap Perhitungan Kapasitas Menggunakan Metode MKJI 1997. *Jurnal Sipil Statik*. 3(7): 466-474.
- Julianto, E. N. 2010. Hubungan Antara Kecepatan, Volume dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi Semarang. *Jurnal Teknik Sipil*. 12(2): 151-160
- Sunardi, D., Farida, I., dan Ismail, A. 2013. Studi Analisis Hubungan, Kecepatan, Volume, dan Kepadatan di Jalan Merdeka Kabupaten Garut dengan Metode Greenshields. *Jurnal Teknik Sipil*. 11(1).
- Wibisana, H. 2007. Studi Hubungan Arus Lalu Lintas di Ruas Jalan Rungkut Asri Kota Madya Surabaya dengan Metode Underwood. *Jurnal Teknik Sipil*. 3(2): 103-203.