

Hubungan Volume, Kecepatan, Kepadatan Dengan Metode *Greenshields* dan *Greenberg* pada Ruas Jalan Ahmad Yani Sidoarjo

Rahmanita Nuzula¹, Mutiara Firdausi^{*2}, Yustia Wulandari Mirzayanti³

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknik Adhi Tama Surabaya

³Program Studi Teknik Kimia, FTI, Institut Teknik Adhi Tama Surabaya

e-mail: *mutiara_firdausi89@itats.ac.id

Abstract

Ahmad Yani Road in Sidoarjo Regency belongs to the city road which has high mobility level and other factors that can affect traffic congestion. To overcome this condition, analyses on the mathematical correlations among traffic characteristics i.e. flow, speed, and density are necessary by implementing *Greenshields* and *Greenberg* method. This research aimed at investigating the correct method for the correlations of inter-traffic characteristics in the mathematical modelling. The research result demonstrated that the appropriate method to be applied was *Greenberg* having the modelling of weekend as follows: correlation of speed and density $\mu_s = 11,695 \cdot \ln \cdot (1496,220/k)$; correlation of volume and speed $q = \mu_s \cdot 1496,220 \cdot \exp(-\mu_s / 11,695)$; correlation of flow and density $q = 11,695 \cdot k \cdot \ln (1496,220 / k)$. Meanwhile, the modelling of Weekdays had the correlation of speed and density $\mu_s = 10,142 \cdot \ln \cdot (1841,828 / k)$; correlation of flow and speed $q = \mu_s \cdot 1841,828 \cdot \exp(-\mu_s / 10,142)$; correlation of flow and density $q = 10,142 \cdot k \cdot \ln (1841,828 / k)$. Those results were derived from investigating the superior values of r^2 yielded by both methods. *Greenberg* method was selected as it obtained superior coefficient of determination by $r^2 = 0.9276$ or 92.76% for Weekend and $r^2 = 0.9224$ or 92.24% for Weekdays. These percentages were valid in depicting the effect levels of flow, speed, and density on Ahmad Yani Road in Sidoarjo Regency.

Key word: flow, speed, density, *Greenshields*, *Greenberg*

Abstrak

Kondisi lalu lintas ruas Jalan Ahmad Yani Kabupaten Sidoarjo merupakan jalan perkotaan dengan tingkat penggunaan mobilitas yang tinggi dan beberapa faktor lain yang dapat memicu permasalahan kemacetan sehingga perlu diatasi. Dalam upaya mengatasinya dilakukan analisis terhadap hubungan matematis antar karakteristik lalu lintas yakni volume (flow), kecepatan (speed), kepadatan (density). Metode yang digunakan adalah metode *Greenshields* dan *Greenberg*. Penelitian ini memiliki tujuan mengetahui metode yang tepat untuk hubungan antar karakteristik lalu lintas dalam bentuk pemodelan matematis. Hasil analisis dari penelitian ini menunjukkan metode yang sesuai untuk diterapkan adalah metode *Greenberg*, dengan pemodelan untuk Weekend yakni model hubungan kecepatan dan kepadatan $\mu_s = 11,695 \cdot \ln \cdot (1496,220/k)$; hubungan volume dan kecepatan $q = \mu_s \cdot 1496,220 \cdot \exp(-\mu_s / 11,695)$; hubungan volume dan kepadatan $q = 11,695 \cdot k \cdot \ln (1496,220 / k)$, dan pemodelan untuk Weekdays yakni model hubungan kecepatan dan kepadatan $\mu_s = 10,142 \cdot \ln \cdot (1841,828 / k)$; hubungan volume dan kecepatan $q = \mu_s \cdot 1841,828 \cdot \exp(-\mu_s / 10,142)$; hubungan volume dan kepadatan $q = 10,142 \cdot k \cdot \ln (1841,828 / k)$. Hasil tersebut didapatkan dari mengkaji nilai r^2 yang lebih unggul antara dua metode yang digunakan. Metode *Greenberg* ditetapkan sebagai metode yang terpilih dikarenakan memiliki nilai koefisien determinasi yang lebih unggul dengan nilai $r^2 = 0,9276$ dengan prosentase 92,76% untuk Weekend, serta nilai $r^2 = 0,9224$ dengan prosentase 92,24% untuk Weekdays, prosentase tersebut valid dapat menggambarkan tingkat pengaruh antar hubungan volume, kecepatan dan kepadatan di ruas Jalan Ahmad Yani Kabupaten Sidoarjo.

Kata kunci: volume, kecepatan, kepadatan, *Greenshields*, *Greenberg*

1. Pendahuluan

Kabupaten Sidoarjo merupakan kota besar yang arus lalu lintasnya terhubung langsung dengan ruas jalan di Kota Surabaya, dan sebaliknya. Sebagian besar masyarakat menggunakan kendaraan pribadi sebagai mobilitas sehari-hari. Hal tersebut menyebabkan di beberapa titik ruas jalan sering terjadi kemacetan pada jam sibuk kerja di pagi hari dan jam pulang kerja di sore hari [1]. Akibat utama dari permasalahan tersebut adanya ketidakseimbangan kinerja lalu lintas yakni volume, kecepatan, dan kepadatan. Salah satu titik lokasi ruas jalan di Kabupaten Sidoarjo yang sering terjadi kemacetan adalah Ruas Jalan Ahmad Yani. Faktor utama dari sumber kemacetan tersebut karena kinerja simpang bersinyal yang buruk dimana lokasinya berada sebelum ruas jalan Ahmad Yani, dan kemacetan tersebut juga karena dampak masuknya volume lalu lintas yang tinggi dari frontage Ahmad Yani Kota Surabaya yang masuk ke ruas jalan Ahmad Yani Sidoarjo yang mana terjadi penyempitan jalan diruas jalan ini sehingga terjadi kemacetan. [2]

Dengan adanya permasalahan tersebut dilakukan analisa antara hubungan volume (*flow*) dengan kecepatan (*speed*) dan kepadatan (*density*). Serta untuk memudahkan pengaplikasian teori tersebut digunakan dua metoda pemodelan pendekatan matematis dan grafis yakni metode *greenshields* dan metoda *greenberg* untuk mengetahui korelasi lalu lintas pada ruas Ahmad Yani, Megersari, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Sidoarjo. Sehingga hasil tersebut nantinya dimaksudkan agar dapat digunakan sebagai perbandingan untuk pemilihan sistem pemodelan yang efektif untuk menangani permasalahan di ruas jalan tersebut.[3]

Terdapat hal penting yang menjadikan terjadinya kinerja lalu lintas yakni dengan adanya 3 variabel karakteristik lalu lintas berikut [4] :

a. Volume

volume lalu lintas (Q) adalah jumlah kendaraan bermotor yang melintasi titik jalan per satuan waktu dengan satuan kend/jam (Q_{kend}), smp/jam (Q_{smp}).

b. Kecepatan

Kecepatan pada sebuah lalu lintas terdiri dari 3 jenis kecepatan, yakni :

1. Kecepatan Berjalan (*Running Speed*)
2. Kecepatan Perjalanan (*Journey Speed*)
3. Kecepatan Setempat (*Spot Speed*)

Kecepatan setempat terbagi menjadi 2 macam berikut [5] :

1. *Time Mean Speed*

Kecepatan suatu kendaraan rata-rata yang didapatkan berdasarkan kecepatan individu terhadap kendaraan keseluruhan pada lintasan tertentu pada ruas jalan.

2. *Space Mean Speed*

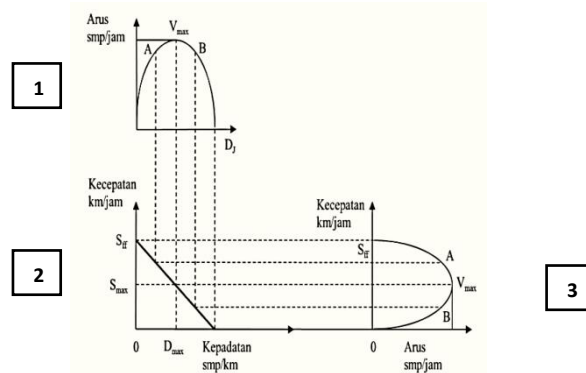
Kecepatan suatu kendaraan rata-rata yang didapatkan berdasarkan waktu tempuh kendaraan yang melewati suatu lintasan tertentu pada ruas jalan.

3. Kepadatan

Kepadatan adalah banyaknya kendaraan yang berada pada suatu lintasan jalan dengan gerakan pada kendaraan yang beragam di waktu tertentu.

1.1. Hubungan Karakteristik Lalu Lintas

Kurva hubungan antar 3 variabel diplotting kedalam 3 (tiga) bentuk kurva berdasarkan analisis kalibrasi model *greenshields* dan *greenberg* [6] dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut ini :



Gambar 1. Grafik Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Sumber: Indrajaya, 2002., dalam Ariandi, dkk., 2016.

Dimana :

- $V_{\max}$ = $q_{\max}$ = Volume maksimum (smp/jam)
 $S_{\max}$ = $\mu_{\max}$ = Kecepatan maksimum (smp/jam)
 $D_{\max}$ = $k_{\max}$ = Kepadatan maksimum (smp/jam)
 D_j = k_j = kepadatan keadaan macet total (smp/km)
 S_{ff} = μ_f = kecepatan keadaan arus bebas (km/jam)
 Arus = Volume

1.2. Metode Perhitungan

Metode perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut ini :

Tabel 1. Metode Perhitungan

Metode Greenshields	Metode Greenberg
Hubungan Kecepatan dan Kepadatan $\bar{\mu}_s = \mu_f - \left(\frac{\mu_f}{k_j}\right) \cdot k$	Hubungan Kecepatan dan Kepadatan $\bar{\mu}_s = c \cdot \ln \cdot \frac{k_j}{k}$
Hubungan Volume dan Kecepatan $q = k_j \cdot \bar{\mu}_s - \frac{k_j}{\mu_f} \cdot \bar{\mu}_s^2$	Hubungan Volume dan Kecepatan $q = \bar{\mu}_s \cdot k_j \cdot \exp \left(\frac{-\bar{\mu}_s}{c} \right)$
Hubungan Volume dan Kepadatan $q = \mu_f \cdot k - \left(\frac{\mu_f}{k_j}\right) \cdot k^2$	maksimum (km/jam) Hubungan Volume dan Kepadatan $q = c \cdot k \cdot \ln \left(\frac{k_j}{k} \right)$
Kecepatan Maksimum $\mu_{\max} = \frac{\mu_f}{2}$	Kecepatan Maksimum $\mu_{\max} = c \cdot \ln \frac{k_j}{k} = c \cdot 1 = c$
Kepadatan Maksimum $k_{\max} = \frac{k_j}{2}$	Kepadatan Maksimum $k_{\max} = e^{\ln k_j - 1}$
Volume Maksimum $q_{\max} = \frac{k_j \times \mu_f}{4}$	Volume Maksimum $q_{\max} = c \cdot e^{\ln k_j - 1}$

Setelah dilakukan perhitungan dari point 1 sampai 6, maka dilakukan perhitungan koefisien determinasi sebagai berikut :

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

$$r^2 = r \times r \quad (2)$$

Dimana :

r = koefisien korelasi

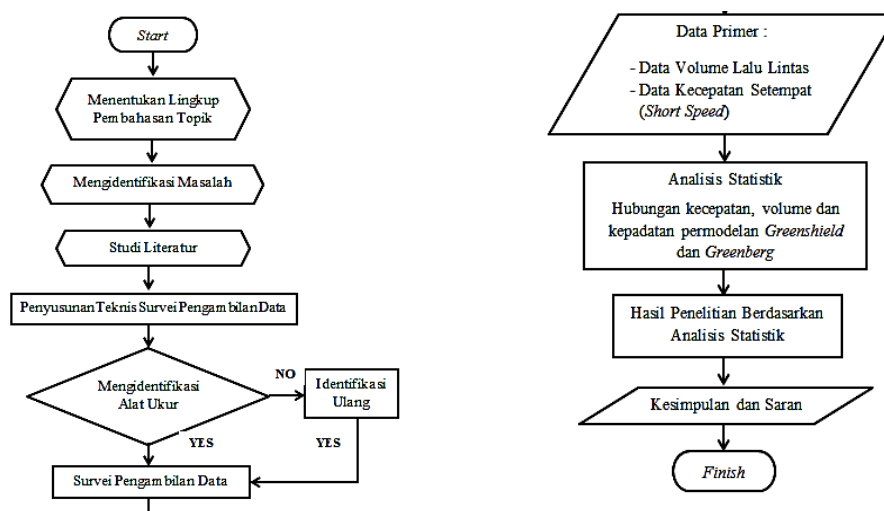
x_i = data variabel x (k)

y_i = data variabel y (μ_s)

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian terletak di ruas Jalan Ahmad Yani, Megersari, Gedangan Kabupaten Sidoarjo merupakan jalan nasional dengan panjang ruas sepanjang 0,6 km dan masuk ke dalam klasifikasi jalan yakni kolektor primer dengan konfigurasi lajur 4/2 D, arah Sidoarjo menuju Surabaya dan arah Surabaya menuju Sidoarjo. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada hari Sabtu, 12 Juni 2021 dan Minggu, 13 Juni 2021 untuk *Weekend*; dan pada hari Senin, 23 Agustus 2021 dan Rabu, 25 Agustus 2021 untuk *Weekdays*.

Pada penelitian ini pengumpulan data akan menggunakan metode survei. Menurut Kerlinger (1973) dalam Ranah Research (2020), penelitian dengan menggunakan metode survei dilaksanakan terhadap populasi yang besar ataupun kecil, namun lebih terfokus kepada data sampel dari populasi dengan tujuan mendapatkan keadaan lapangan yang terukur, terlokasi, dan korelasi antar variabel. Sehingga nantinya akan didapatkan data pemodelan yang baik. Pada penelitian ini data yang diambil adalah data primer berupa data volume lalu lintas dan waktu tempuh kendaraan yang melintasi ruas jalan tersebut (*Space Mean Speed*). Teknik pengumpulan data kuantitatif dalam proses penelitian yakni survei lapangan dimana peneliti melakukan pengumpulan data secara langsung di lokasi penelitian, kemudian peneliti mencatat semua data dan informasi yang diperlukan untuk kepentingan penelitian dan melakukan pengambilan data variabel yang sudah ditentukan. Berikut adalah diagram alir penelitian yang akan digunakan. Dapat dilihat pada **gambar 2**.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam analisis statistik adalah volume lalu lintas kendaraan MC, LV, HV UM pada formasi survei 3-2-2, dan kecepatan setempat kendaraan dengan pengambilan data awal adalah waktu tempuh kendaraan dengan panjang perjalanan adalah 50 meter. Hasil data survei lapangan rekapitulasi keseluruhan berupa volume, kecepatan dan kepadatan yang dilakukan selama 4 hari dapat dilihat pada **tabel 2**.

Tabel 2. Rekapitulasi Data Hasil Survei Lapangan

Hari Survei	Periode Waktu	Volume (smp/jam)	Kecepatan (km/jam)	Kepadatan (smp/km)
Sabtu	06.00 – 09.00	55113,60	26,29	2165,35
	11.00 – 13.00	38286,20	24,38	1577,92
	15.00 – 18.00	38915,00	29,36	1346,48
Minggu	06.00 – 09.00	38398,60	30,88	1262,79
	11.00 – 13.00	30003,40	27,65	1121,46
	15.00 – 18.00	55298,00	25,16	2220,85
Senin	06.00 – 09.00	51140,60	24,04	2205,74
	11.00 – 13.00	32638,40	23,02	1436,36
	15.00 – 18.00	57136,00	21,93	2661,04
Rabu	06.00 – 09.00	49583,60	24,51	2120,09
	11.00 – 13.00	33134,60	24,88	1355,32
	15.00 – 18.00	56415,40	23,65	2448,82

Untuk mendapatkan nilai pemodelan matematis pada hubungan volume kecepatan dan kepadatan digunakan dua metode yaitu *Greenshields* dan *Greenberg*.

Metode *Greenshields*

Berikut adalah data regresi model *Greenshields* untuk analisis pada survei *Weekend* dan *Weekdays*

Tabel 3. Data Regresi Model *Greenshields*

No	Hari	$Y_1 (\mu_i)$	$X_1 (K)$	Y_1^2	X_1^2	$X_1 \cdot Y_1$
1	Sabtu	862,950	5089,752	23627,403	886337,688	132314,800
2	Minggu	893,799	4605,092	25407,718	725117,355	123700,000
3	Senin	735,849	6303,142	17156,140	1317493,256	140915,000
4	Rabu	775,510	5946,248	19141,777	1182808,670	139133,800

Dari data regresi tersebut didapatkan hasil pemodelan hubungan, volume maksimum, kecepatan maksimum, kepadatan maksimum, dan koefisien determinasi.

A. Metode *Greenberg*

Berikut adalah data regresi model *Greenberg* untuk analisis pada survei *Weekend* dan *Weekdays*

Tabel 4. Hasil Analisis Data dengan Metode Greenshields

No	Hari	Data	Hasil Analisis Data
1	Sabtu	Hub. Kecepatan & Kepadatan	$\bar{\mu}_s = 37,203 - (37,203 / 578,107) \cdot k$
		Hub. Volume & Kecepatan	$q = 578,107 \cdot \bar{\mu}_s - (578,107 / 37,203) \cdot \bar{\mu}_s^2$
		Hub. Volume & Kepadatan	$q = 37,203 \cdot k - (37,203 / 578,107) \cdot k^2$
		Kecepatan Maksimum (km/jam)	18,601
		Kepadatan Maksimum (smp/km)	289,054
		Volume Maksimum (smp/jam)	5376,805
		Koefisien Determinasi	0,8931
		Prosentase Akurasi	89,31 %
		Kategori	Kuat
2	Minggu	Hub. Kecepatan & Kepadatan	$\bar{\mu}_s = 39,291 - (39,291 / 497,756) \cdot k$
		Hub. Volume & Kecepatan	$q = 497,756 \cdot \bar{\mu}_s - (497,756 / 39,291) \cdot \bar{\mu}_s^2$
		Hub. Volume & Kepadatan	$q = 39,291 \cdot k - (39,291 / 497,756) \cdot k^2$
		Kecepatan Maksimum (km/jam)	19,645
		Kepadatan Maksimum (smp/km)	248,878
		Volume Maksimum (smp/jam)	4889,311
		Koefisien Determinasi	0,8780
		Prosentase Akurasi	87,80 %
		Kategori	Kuat
4	Rabu	Hub. Volume & Kecepatan	$q = 630,576 \cdot \bar{\mu}_s - (630,576 / 33,441) \cdot \bar{\mu}_s^2$
		Hub. Volume & Kepadatan	$q = 33,441 \cdot k - (33,441 / 630,576) \cdot k^2$
		Kecepatan Maksimum (km/jam)	16,721
		Kepadatan Maksimum (smp/km)	315,288
		Volume Maksimum (smp/jam)	5271,832
		Koefisien Determinasi	0,9085
		Prosentase Akurasi	90,85 %
		Kategori	Kuat
		Kategori	Kuat

Metode Greenberg

Berikut adalah data regresi model *Greenberg* untuk analisis pada survei *Weekend* dan *Weekdays*

Tabel 5. Data Regresi Model Greenberg

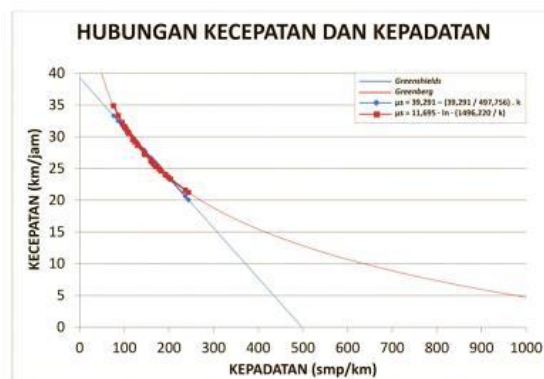
No	Hari	$Y_1 (\mu_s)$	$X_1 (K)$	Y_1^2	X_1^2	$X_1 \cdot Y_1$
1	Sabtu	862,950	5089,752	160,521	23627,403	808,818
2	Minggu	893,799	4605,092	157,517	25407,718	778,365
3	Senin	735,849	6303,142	168,034	17156,140	884,469
4	Rabu	776,988	5924,223	165,956	19197,314	862,979

Dari data regresi tersebut didapatkan hasil pemodelan hubungan, volume maksimum, kecepatan maksimum, kepadatan maksimum, dan koefisien determinasi.

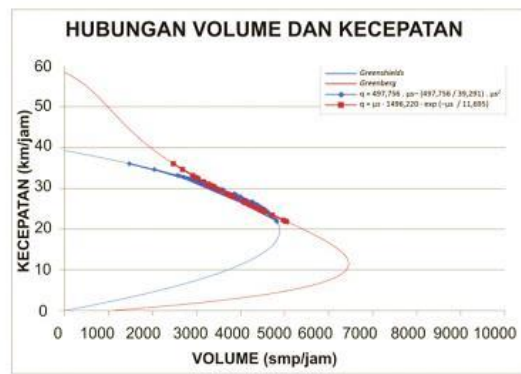
Tabel 6. Hasil Analisis Data dengan Metode Greenberg

No	Hari	Data	Hasil Analisis Data
1	Sabtu	Hub. Kecepatan & Kepadatan	$\bar{\mu}_s = 9,478 \cdot \ln \cdot (2595,205 / k)$
		Hub. Volume & Kecepatan	$q = \bar{\mu}_s \cdot 2595,205 \cdot \exp (-\bar{\mu}_s / 9,478)$
		Hub. Volume & Kepadatan	$q = 9,478 \cdot k \cdot \ln (2595,205 / k)$
		Kecepatan Maksimum (km/jam)	9,478
		Kepadatan Maksimum (smp/km)	954,723
		Volume Maksimum (smp/jam)	9049,140
		Koefisien Determinasi	0,9095
		Prosentase Akurasi	90,95 %
		Kategori	Kuat
2	Minggu	Hub. Kecepatan & Kepadatan	$\bar{\mu}_s = 11,695 \cdot \ln \cdot (1496,220 / k)$
		Hub. Volume & Kecepatan	$q = \bar{\mu}_s \cdot 1496,220 \cdot \exp (-\bar{\mu}_s / 11,695)$
		Hub. Volume & Kepadatan	$q = 11,695 \cdot k \cdot \ln (1496,220 / k)$
		Kecepatan Maksimum (km/jam)	11,695
		Kepadatan Maksimum (smp/km)	550,429
		Volume Maksimum (smp/jam)	6437,296
		Koefisien Determinasi	0,9276
		Prosentase Akurasi	92,76 %
		Kategori	Kuat
3	Senin	Hub. Kecepatan & Kepadatan	$\bar{\mu}_s = 10,142 \cdot \ln \cdot (1841,828 / k)$
		Hub. Volume & Kecepatan	$q = \bar{\mu}_s \cdot 1841,828 \cdot \exp (-\bar{\mu}_s / 10,142)$
		Hub. Volume & Kepadatan	$q = 10,142 \cdot k \cdot \ln (1841,828 / k)$
		Kecepatan Maksimum (km/jam)	10,142
		Kepadatan Maksimum (smp/km)	677,571
		Volume Maksimum (smp/jam)	6871,597
		Koefisien Determinasi	0,9224
		Prosentase Akurasi	92,24 %
		Kategori	Kuat
4	Rabu	Hub. Kecepatan & Kepadatan	$\bar{\mu}_s = 11,458 \cdot \ln \cdot (1488,072 / k)$
		Hub. Volume & Kecepatan	$q = \bar{\mu}_s \cdot 1488,072 \cdot \exp (-\bar{\mu}_s / 11,458)$
		Hub. Volume & Kepadatan	$q = 11,458 \cdot k \cdot \ln (1488,072 / k)$
		Kecepatan Maksimum (km/jam)	11,458
		Kepadatan Maksimum (smp/km)	547,431
		Volume Maksimum (smp/jam)	6272,496
		Koefisien Determinasi	0,9153
		Prosentase Akurasi	91,53 %
		Kategori	Kuat

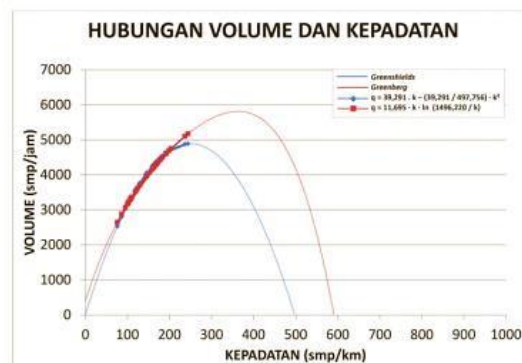
Dilakukan plotting grafik pada pemodelan dengan contoh grafik berikut (Hari Minggu) :



Gambar 3. Grafik Hubungan Kecepatan dan Kepadatan



Gambar 4. Grafik Hubungan Volume dan Kecepatan



Gambar 5. Grafik Hubungan Volume dan Kepadatan

Dari hasil analisis data dilihat, nilai koefisien determinasi dengan menggunakan metode *Greenshields* adalah 0,8931 (*Weekend*) dan 0,9089 (*Weekdays*). Nilai koefisien determinasi dengan menggunakan metode *Greenberg* adalah 0,9276 (*Weekend*) dan 0,9224 (*Weekdays*). Maka dapat dipilih metode yang sesuai untuk diterapkan pada ruas jalan Ahmad Yani Kabupaten Sidoarjo adalah metode *Greenberg* dikarenakan nilai koefisien determinasi 0,9276 dengan prosentase 92,76% untuk *Weekend*, dan nilai koefisien determinasi 0,9224 dengan prosentase 92,24% untuk *Weekdays* memiliki prosentase yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode *Greenshields*, yang dipergunakan dalam menggambarkan tingkat pengaruh hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan dengan baik.

3. Kesimpulan

Berdasarkan analisis pengolahan data beserta pembahasannya diperoleh kesimpulan dari penelitian tentang Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan dengan Metode *Greenshields* dan *Greenberg* pada Ruas Jalan Ahmad Yani Sidoarjo, sebagai berikut :

1. Hasil penelitian hubungan volume, kecepatan dan kepadatan dengan menggunakan metode *Greenshields* yang mendominasi dengan menunjukkan korelasi yang sangat kuat pada saat *Weekend* adalah hari Sabtu, nilai koefisien determinasi (r^2) menunjukkan angka 0,8931 dengan prosentase 89,31% dan *Weekdays* adalah hari Rabu, nilai koefisien determinasi (r^2) menunjukkan angka 0,9089 dengan prosentase sebesar 90,89% yang artinya prosentase tersebut dapat menggambarkan hubungan antar variabel.
2. Hasil dari penelitian hubungan volume, kecepatan dan kepadatan dengan menggunakan metode *Greenberg* dengan menunjukkan korelasi yang sangat kuat terhadap variabel uji didapatkan hasil pada saat *Weekend* adalah hari Minggu, nilai koefisien determinasi (r^2) menunjukkan angka 0,9276 dengan prosentase sebesar 92,76% dan *Weekdays* adalah hari Senin, menunjukkan nilai

koefisien determinasi (r^2) sebesar 0,9224 dengan prosentase 92,24% yang artinya prosentase tersebut dapat menggambarkan hubungan antar variabel.

3. Dari hasil analisis koefisien determinasi (r^2) yang didapatkan adalah nilai R^2 yang lebih tinggi untuk mewakilkan dalam penggambaran tingkat pengaruh hubungan volume, kecepatan dan kepadatan secara akurat antara dua metode *Greenshields* dan *Greenberg*. Nilai koefisien determinasi (r^2) untuk *Weekend* adalah 0,9276 dengan prosentase 92,76% menggunakan metode *Greenberg*, dan nilai r^2 *Weekdays* adalah 0,9224 dengan prosentase 92,24% menggunakan metode *Greenberg*. Maka, metode yang mempunyai akurasi paling baik dan sesuai untuk diterapkan di ruas Jalan Ahmad Yani Kabupaten Sidoarjo sebagai Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan adalah metode *Greenberg*.

Daftar Pustaka

- [1] Firdausi, Mutiara. 2021. Analisis konflik yang berpotensi menyebabkan kecelakaan pada simpang tak bersinyal (studi kasus: persimpangan jalan raya Rungkut Menanggal–Jalan Kyai Abdul Karim Kota Surabaya). Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan 9
- [2] Abdi, N. G., Priyanto, S., & Malkamah, S. 2019. *Hubungan Volume Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman*. Jurnal Teknisia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 24(1): 1-64. <https://acadstaff.ugm.ac.id>.
- [3] Ariadi., M. Isya., & Irin, C. 2016. *Analisis Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas (Studi Kasus : Jembatan Lamnyong, Jalan Teuku Nyak Arief Banda Aceh)*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, 5(3): 279-290. <https://www.unsyiah.ac.id>.
- [4] Juanda, Ari., Muhammad, I., & Noer, F. 2019. *Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan dengan Model Greenshields, Greenberg, dan Underwood pada Ruas Jalan Luar Kota Kawasan Gunung Geuruttee*. Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan, 2(4): 287-294. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v2i4.14945>.
- [5] Putranto, Leksmono Suryo. 2016. *Rekayasa Lalu Lintas*. Edisi Ketiga. Indeks. Jakarta.
- [6] Sanjaya, Yudi., Kamaluddin, L., & Marwan, L. 2017. *Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan terhadap Kinerja Ruas Jalan. JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*, 1(1): 54-61. <https://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>.