

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN KARAKTERISTIK ARUS LALU
LINTAS DENGAN MENGGUNAKAN MODEL
GREENSHIELDS, GREENBERG DAN UNDERWOOD
DENGAN MKJI 1997 PADA JALAN SOEKARNO
HATTA CILACAP
(COMPARISON OF TRAFFIC FLOW
CHARACTERISTICS USING GREENSHIELDS,
GREENBERG AND UNDERWOOD MODELS WITH
MKJI 1997 ON SOEKARNO HATTA STREET, CILACAP)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Ivan Andre Rahardian
17511205**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN KARAKTERISTIK ARUS LALU
LINTAS DENGAN MENGGUNAKAN MODEL
GREENSHIELDS, GREENBERG DAN UNDERWOOD
WITH MKJI 1997 PADA JALAN SOEKARNO HATTA
CILACAP
(COMPARISON OF TRAFFIC FLOW
CHARACTERISTICS USING GREENSHIELDS,
GREENBERG AND UNDERWOOD MODELS WITH
MKJI 1997 ON SOEKARNO HATTA STREET, CILACAP)**

Disusun Oleh

Ivan Andre Rahardian
17511205

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 26 Agustus 2024

Oleh Dewan Penguji :

Pembimbing 1



Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng.
NIK : 015110101

Penguji I



Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 955110103

Penguji II



M. Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 215111307

Mengesahkan,



Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Yulia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng
NIK : 095110101

26/8/2024

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi yang akan diberikan sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 20 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan



Ivan Andre Rahardian

(17511205)

ABSTRAK

Jalan Soekarno Hatta merupakan salah satu jalan utama menuju pusat Kota Cilacap yang sering dilalui kendaraan, lajunya pembangunan di Cilacap serta akan adanya proyek RDMP Pertamina dan pembangunan masif di daerah pelabuhan akan berdampak terhadap banyaknya kendaraan yang keluar masuk Kota Cilacap sehingga dapat menyebabkan adanya permasalahan peningkatan volume kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik arus lalu lintas pada Jalan Soekarno Hatta, Cilacap, menggunakan tiga model matematis yang berbeda: *Greenshields*, *Greenberg*, dan *Underwood*. Ketiga model tersebut dipilih karena masing-masing memiliki pendekatan yang berbeda dalam menggambarkan hubungan antara kecepatan, kepadatan, dan arus lalu lintas.

Penelitian ini menggunakan data lalu lintas yang dikumpulkan melalui survei lapangan di beberapa titik pengamatan sepanjang Jalan Soekarno Hatta. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan ketiga model tersebut untuk mengidentifikasi karakteristik arus lalu lintas, seperti kecepatan bebas, kepadatan, dan kapasitas jalan. Hasil analisis menunjukkan perbedaan signifikan dalam prediksi karakteristik arus lalu lintas antara ketiga model tersebut.

Hasil analisis menunjukkan kapasitas jalan Soekarno Hatta sebesar 1747,24 smp/jam dengan kepadatan sebesar 0,69 – 1,05 model *Greenshield* lebih akurat dalam menggambarkan karakteristik arus lalu lintas di Jalan Soekarno Hatta, Cilacap, dibandingkan dengan model *Greenberg* dan *Underwood*. Tetapi berdasarkan analisis MKJI 1997 ketiga model tersebut tidak dapat digunakan dikarenakan datanya tidak representatif, data tersebut tidak mewakili seluruh fase di dalam model.

Kata kunci: Arus lalu lintas, Cilacap, Jalan Soekarno Hatta, MKJI 1997, Model Greenshields, Model Greenberg, dan Model Underwood.

ABSTRACT

Soekarno Hatta street is one of the main roads to the center of Cilacap City which is often passed by vehicles, the pace of development in Cilacap and the Pertamina RDMP project and massive development in the port area will have an impact on the number of vehicles entering and exiting Cilacap City so that it can cause problems with an increase in vehicle volume. This study aims to compare the traffic flow characteristics on Soekarno Hatta Street, Cilacap, using three different mathematical models: Greenshields, Greenberg, and Underwood. These models were chosen because each offers a different approach in describing the relationship between speed, density, and traffic flow.

This research utilizes traffic data collected through field surveys at several observation points along Soekarno Hatta Street. The obtained data were then analyzed using these three models to identify traffic flow characteristics such as free speed, density, and road capacity. The analysis results show significant differences in the predicted traffic flow characteristics among these models.

The analysis results indicate that the capacity of Soekarno Hatta Street is 1747,24 smp/hour, with a density ranging from 0.69 to 1,05. The Greenshields model is more accurate in describing the traffic flow characteristics on Soekarno Hatta Street, Cilacap, compared to the Greenberg and Underwood models, However, based on MKJI 1997 these three models cannot be used because the data is not representative, the data does not cover all phases within the models.

Keywords: *Cilacap, Greenshields model, Greenberg model, MKJI 1997, Underwood model, Soekarno Hatta Street, and Traffic flow*

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul "*Perbandingan Karakteristik Arus Lalu Lintas dengan Menggunakan Model Greenshield, Greenberg dan Underwood dengan MKJI 1997 Studi Kasus Jalan Soekarno Hatta Cilacap*" tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia (UII).

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

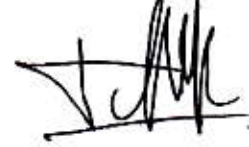
1. Bapak Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng., IPM, ASEAN Eng., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan masukan dan koreksi sehingga tugas akhir ini menjadi lebih baik.
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D, selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan dan koreksi sehingga tugas akhir ini menjadi lebih baik.
3. Bapak Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan koreksi sehingga tugas akhir ini menjadi lebih baik.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UII.
5. Keluarga tercinta, yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi tiada henti kepada penulis sehingga penulis dapat lulus sarjana.
6. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil UII, yang telah memberikan dukungan moral dan informasi yang berguna bagi penulis.

7. Semua pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis sehingga penulis bersemangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Penulis mengucapkan terimakasih sebesar – besarnya.

Akhirnya semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Yogyakarta, 20 Agustus 2024

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ivan Andre Rahardian', written over a horizontal line.

Ivan Andre Rahardian

17511205

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karakteristik Arus Lalu Lintas	6
2.2 Kapasitas Menurut Metode MKJI 1997 dan Kapasitas Menggunakan Analisa Perilaku Karakteristik Arus Lalu lintas	8
2.3 Metode Analisis Menggunakan Model <i>Greenshields</i> , <i>Greenberg</i> , <i>Underwood</i> dan <i>Bell Shape</i>	9

2.4 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Terdahulu	13
BAB III LANDASAN TEORI	17
3.1 Lalu Lintas	17
3.2 Kendaraan	17
3.3 Parameter – Parameter Utama	17
3.3.1 Volume Lalu Lintas	17
3.3.2 Derajat Kejenuhan	18
3.3.3 Kecepatan Lalu Lintas	18
3.4 Hubungan Kecepatan, Kepadatan dan Volume	19
3.4.1 Model <i>Greenshields</i>	19
3.4.2 Model <i>Greenberg</i>	23
3.4.3 Model <i>Underwood</i>	24
3.5 Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)	26
BAB IV METODE PENELITIAN	28
4.1 Tinjauan Penelitian	28
4.2 Lokasi Penelitian	28
4.3 Data Penelitian	30
4.3.1 Data Geometri Jalan	30
4.3.2 Data Arus Lalu Lintas	31
4.3.3 Data Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas	31
4.4 Metode Pengambilan Data	31
4.5 Tahapan Penelitian	32
4.6 Bagan Alir	32
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	34
5.1 MKJI 1997	34

5.1.1 Kapasitas Jalan	34
5.1.2 Derajat Kejenuhan	35
5.1.3 Kecepatan Arus Bebas	36
5.2 Model <i>Greenshield</i>	38
5.3.1 <i>Greenshield</i> Senin 11 Maret 2024	38
5.3.2 <i>Greenshield</i> Kamis 14 Maret 2024	46
5.3.3 <i>Greenshield</i> Sabtu 14 Maret 2024	53
5.3 Model <i>Greenberg</i>	61
5.4.1 <i>Greenberg</i> Senin 11 Maret 2024	62
5.4.2 <i>Greenberg</i> Kamis 14 Maret 2024	67
5.4.3 <i>Greenberg</i> Sabtu 16 Maret 2024	73
5.4 Model <i>Underwood</i>	79
5.5.1 <i>Underwood</i> Senin 11 Maret 2024	79
5.5.2 <i>Underwood</i> Kamis 14 Maret 2024	85
5.5.3 <i>Underwood</i> Sabtu 16 Maret 2024	90
5.5 Perbandingan dengan MKJI 1997	96
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	99
6.1 Kesimpulan	99
6.2 Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	101
LAMPIRAN	103

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 R ² dan Estimasi Nilai Parameter untuk Arus Lalu Lintas Normal	10
Tabel 2.2 Uji Hipotesis untuk Perbandingan Kemiringan (Arus Lalu Lintas Normal)	11
Tabel 2.3 Koefisien Determinasi (R ²), Nilai untuk Kondisi Lalu Lintas Sebelum Kecelakaan (UD)	11
Tabel 2.4 Koefisien Determinasi (R ²), Nilai untuk Kondisi Lalu Lintas Sebelum Kecelakaan (DD)	11
Tabel 2.5 Uji Hipotesis Perbandingan Kemiringan (Normal dan Sebelum Kecelakaan)	12
Tabel 2.6 Maksimal, Minimal, Rata – Rata dan Standar Deviasi dari Kecepatan (km/jam) pada Saat Terjadi Kemacetan pada Kondisi yang Berbeda	13
Tabel 2.7 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	14
Tabel 3.1 Nilai EMP untuk Jalan Perkotaan Tak Terbagi	27
Tabel 5.1 Hasil Analisis Menggunakan MKJI 1997	38
Tabel 5.2 Data Regresi Model <i>Greenshields</i> Arah 1 Senin 11 Maret 2024	38
Tabel 5.3 Data Regresi Model <i>Greenshields</i> Arah 2 Senin 11 Maret 2024	42
Tabel 5.4 Hasil Analisis Model <i>Greenshield</i> Senin 11 Maret 2024	45
Tabel 5.5 Data Regresi Model <i>Greenshields</i> Arah 1 Kamis 14 Maret 2024	46
Tabel 5.6 Data Regresi Model <i>Greenshields</i> Arah 2 Kamis 14 Maret 2024	49
Tabel 5.7 Hasil Analisis Model <i>Greenshield</i> Kamis 14 Maret 2024	53
Tabel 5.8 Data Regresi Model <i>Greenshields</i> Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024	53
Tabel 5.9 Data Regresi Model <i>Greenshields</i> Arah 2 Sabtu 16 Maret 2024	57
Tabel 5.10 Hasil Analisis Model <i>Greenshield</i> Sabtu 16 Maret 2024	60
Tabel 5.11 Data Regresi Model <i>Greenberg</i> Arah 1 Senin 11 Maret 2024	62
Tabel 5.12 Data Regresi Model <i>Greenberg</i> Arah 2 Senin 11 Maret 2024	64
Tabel 5.13 Hasil Analisis Model <i>Greenberg</i> Senin 11 Maret 2024	67

Tabel 5.14 Data Regresi Model <i>Greenberg</i> Arah 1 Kamis 14 Maret 2024	67
Tabel 5.15 Data Regresi Model <i>Greenberg</i> Arah 2 Kamis 14 Maret 2024	70
Tabel 5.16 Hasil Analisis Model <i>Greenberg</i> Kamis 14 Maret 2024	72
Tabel 5.17 Data Regresi Model <i>Greenberg</i> Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024	73
Tabel 5.18 Data Regresi Model <i>Greenberg</i> Arah 2 Sabtu 16 Maret 2024	75
Tabel 5.19 Hasil Analisis Model <i>Greenberg</i> Sabtu 16 Maret 2024	78
Tabel 5.20 Data Regresi Model <i>Underwood</i> Arah 1 Senin 11 Maret 2024	80
Tabel 5.21 Data Regresi Model <i>Underwood</i> Arah 2 Senin 11 Maret 2024	82
Tabel 5.22 Hasil Analisis Model <i>Underwood</i> Senin 11 Maret 2024	84
Tabel 5.23 Data Regresi Model <i>Underwood</i> Arah 1 Kamis 24 Maret 2024	85
Tabel 5.24 Data Regresi Model <i>Underwood</i> Lokasi 2 Kamis 14 Maret 2024	87
Tabel 5.25 Hasil Analisis Model <i>Underwood</i> Kamis 14 Maret 2024	89
Tabel 5.26 Data Regresi Model <i>Underwood</i> Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024	90
Tabel 5.27 Data Regresi Model <i>Underwood</i> Arah 2 Sabtu 16 Maret 2024	92
Tabel 5.28 Hasil Analisis Model <i>Underwood</i> Sabtu 16 Maret 2024	95
Tabel 5.29 Perbandingan Model <i>Greenshield</i> , <i>Greenberg</i> , <i>Underwood</i> dengan MKJI 1997	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Hubungan Matematis antara Kecepatan-Kepadatan	6
Gambar 2.2 Grafik Hubungan Matematis antara Volume-Kepadatan	7
Gambar 2.3 Grafik Hubungan Matematis antara Volume-Kecepatan	7
Gambar 3.1 Grafik Hubungan Variabel Lalu Lintas Model <i>Greenshields</i>	22
Gambar 3.2 Grafik Parameter Lalu Lintas Menurut <i>Greenshields</i> , <i>Greenberg</i> , dan <i>Underwood</i>	26
Gambar 4.1 Peta Lokasi Jalan Soekarno Hatta – Cilacap Tampak Atas	28
Gambar 4.2 Sketsa Lokasi Pengamatan	29
Gambar 4.3 Lokasi Pengamatan Arah Timur Laut	29
Gambar 4.4 Lokasi Pengamatan Arah Barat Daya	30
Gambar 4.5 Penampang Melintang Ruas Jalan Soekarno Hatta	31
Gambar 4.6 Bagan Alir Penelitian	33
Gambar 5.1 Model Hubungan Volume-Kepadatan <i>Greenshield</i>	60
Gambar 5.2 Model Hubungan Kecepatan-Kepadatan <i>Greenshield</i>	61
Gambar 5.3 Model Hubungan Volume-Kecepatan <i>Greenshield</i>	61
Gambar 5.4 Model Hubungan Volume-Kepadatan <i>Greenberg</i>	78
Gambar 5.5 Model Hubungan Kecepatan-Kepadatan <i>Greenberg</i>	79
Gambar 5.6 Model Hubungan Volume-Kecepatan <i>Greenberg</i>	79
Gambar 5.7 Model Hubungan Volume-Kepadatan <i>Underwood</i>	95
Gambar 5.8 Model Hubungan Kecepatan-Kepadatan <i>Underwood</i>	96
Gambar 5.9 Model Hubungan Volume-Kecepatan <i>Underwood</i>	96

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Pengolahan Lokasi 1 Senin 11 Maret 2024	104
Lampiran 2 Data Hasil Pengolahan Lokasi 2 Senin 11 Maret 2024	106
Lampiran 3 Data Hasil Pengolahan Arah 1 Kamis 14 Maret 2024	108
Lampiran 4 Data Hasil Pengolahan Arah 2 Kamis 14 Maret 2024	110
Lampiran 5 Data Hasil Pengolahan Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024	112
Lampiran 6 Data Hasil Pengolahan Arah 2 Sabtu 16 Maret 2024	114

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Q	= Arus Lalu Lintas
V	= Volume Lalu Lintas
V _m	= Volume Optimum
S	= Kecepatan Lalu Lintas
S _m	= Kecepatan Optimum
S _{ff}	= Kecepatan Arus Bebas
D _j	= Kepadatan Jenuh
D _m	= Kepadatan Optimum
A	= Konstanta
B	= Koefisien Determinasi
R ²	= Koefisien Regresi
L _v	= Kendaraan Ringan (mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up)
H _v	= Kendaraan Berat (bis, truck 2 as, truck 3 as)
M _c	= Sepeda Motor
U _M	= Kendaraan Tak Bermotor
Emp	= Ekuivalensi Mobil Penumpang
S _{mp}	= Satuan Mobil Penumpang
C	= Kapasitas jalan
C ₀	= Kapasitas Dasar
FC _w	= Faktor penyesuaian akibat lebar jalur
FC _{sf}	= Faktor penyesuaian akibat hambatan samping

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lalu lintas merupakan salah satu aspek penting dalam mobilitas masyarakat dan perkembangan perkotaan. Ruas jalan Soekarno Hatta yang memiliki lebar 12 m, lebar bahu 1 m dan median 40 cm dengan panjang total 3000 m di Cilacap adalah salah satu ruas jalan yang memiliki peranan vital dalam menghubungkan berbagai daerah dan tempat penting, seperti pusat pemerintahan, pusat perdagangan, dan area pemukiman penduduk. Untuk memastikan efisiensi dan keamanan lalu lintas di ruas jalan ini, sangat penting untuk memahami karakteristik arus lalu lintas yang berlangsung di sana.

Salah satu cara untuk memahami karakteristik arus lalu lintas adalah melalui penggunaan model matematika. Dalam hal ini, model *Greenshield*, model *Greenberg* dan model *Underwood* adalah tiga model yang sering digunakan untuk menggambarkan pergerakan kendaraan di jalan raya. Ketiga model ini memberikan pandangan yang berbeda tentang bagaimana arus lalu lintas berkembang seiring dengan perubahan kepadatan kendaraan di ruas jalan tertentu.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perbandingan antara karakteristik arus lalu lintas yang dihasilkan oleh model *Greenshield*, model *Greenberg* dan model *Underwood* pada ruas jalan Soekarno Hatta di Cilacap. Beberapa faktor yang mungkin memengaruhi karakteristik arus lalu lintas seperti kecepatan rata-rata, kapasitas jalan, dan tingkat kepadatan kendaraan akan dianalisis dalam penelitian ini. Jalan Soekarno Hatta merupakan salah satu jalan utama menuju pusat Kota Cilacap yang sering dilalui kendaraan, lajunya pembangunan di Cilacap serta akan adanya proyek RDMP Pertamina dan pembangunan masif di daerah pelabuhan akan berdampak terhadap banyaknya kendaraan yang keluar masuk Kota Cilacap sehingga dapat menyebabkan adanya permasalahan peningkatan volume kendaraan.

Perbedaan antara ketiga model ini bisa memberikan wawasan yang lebih dalam tentang perilaku arus lalu lintas di ruas jalan Soekarno Hatta. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengambilan keputusan terkait pengembangan infrastruktur lalu lintas, pengaturan lalu lintas, dan perencanaan kebijakan transportasi di wilayah tersebut. Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan kontribusi terhadap pemahaman umum tentang bagaimana model matematika dapat digunakan untuk memahami dan mengelola arus lalu lintas yang semakin kompleks di perkotaan.

Dengan demikian, penelitian ini memiliki relevansi yang signifikan dalam upaya meningkatkan efisiensi dan keamanan lalu lintas di ruas jalan Soekarno Hatta Cilacap serta dapat menjadi landasan bagi penelitian lebih lanjut di bidang transportasi dan perencanaan perkotaan.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan adanya proyek industri jangka panjang di Cilacap akan mempengaruhi pergerakan lalu lintas di jalan masuk kota Cilacap. Rumusan masalah dalam penelitian mengenai perbandingan karakteristik arus lalu lintas dengan menggunakan model *Greenshield*, model *Greenberg* dan model *Underwood* pada ruas jalan Soekarno Hatta Cilacap dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik arus lalu lintas, termasuk kecepatan rata-rata, kapasitas jalan, dan tingkat kepadatan kendaraan, pada ruas jalan Soekarno Hatta Cilacap berdasarkan MKJI 1997?
2. Bagaimana karakteristik arus lalu lintas yang dihasilkan oleh model *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood* pada ruas jalan Soekarno Hatta Cilacap?

Dengan merumuskan pertanyaan di atas, penelitian ini akan mencoba untuk menjawab perbedaan dalam karakteristik arus lalu lintas yang dihasilkan oleh ketiga model tersebut dan memahami implikasinya dalam konteks jalan Soekarno Hatta di Cilacap.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian mengenai perbandingan karakteristik arus lalu lintas dengan menggunakan model *Greenshield*, model *Greenberg* dan model *Underwood* pada ruas jalan Soekarno Hatta Cilacap adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi karakteristik arus lalu lintas. Untuk mengidentifikasi karakteristik arus lalu lintas yang sesungguhnya terjadi pada ruas jalan Soekarno Hatta di Cilacap menggunakan MKJI 1997,
2. Untuk membandingkan karakteristik arus lalu lintas yang dihasilkan oleh model *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood* pada ruas jalan Soekarno Hatta Cilacap dengan MKJI 1997.

Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan pemahaman tentang karakteristik arus lalu lintas di ruas jalan tersebut serta memberikan wawasan yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengelolaan dan perencanaan lalu lintas di wilayah tersebut.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian mengenai perbandingan karakteristik arus lalu lintas dengan menggunakan model *Greenshield*, model *Greenberg* dan model *Underwood* pada ruas jalan Soekarno Hatta Cilacap dapat dibagi menjadi 2 sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

- a. Penelitian ini akan membantu memperdalam pemahaman tentang karakteristik arus lalu lintas pada ruas jalan Soekarno Hatta Cilacap, termasuk faktor-faktor seperti kecepatan rata-rata, kapasitas jalan, dan tingkat kepadatan kendaraan. Ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan metode yang lebih baik dalam mengelola lalu lintas.
- b. Dengan memahami perbedaan antara model-model lalu lintas yang berbeda, hasil penelitian ini dapat membantu otoritas transportasi dan pemerintah setempat untuk lebih efektif mengelola lalu lintas di ruas jalan Soekarno Hatta

Cilacap. Hal ini dapat berdampak positif pada keamanan jalan dan kenyamanan pengguna jalan.

2. Manfaat Praktis

- a. Pengembangan infrastruktur yang lebih baik. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai panduan dalam perencanaan dan pengembangan infrastruktur jalan di wilayah tersebut. Informasi tentang kapasitas jalan dan kepadatan kendaraan dapat membantu dalam menentukan ukuran dan kebutuhan jalan yang lebih tepat.
- b. Kontribusi pada Kebijakan Transportasi. Penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada pengambilan keputusan terkait kebijakan transportasi di tingkat lokal, regional, atau nasional. Data dan temuan dari penelitian ini dapat digunakan dalam perumusan kebijakan yang lebih baik terkait lalu lintas dan transportasi.
- c. Peningkatan keselamatan dan efisiensi. Dengan memahami karakteristik arus lalu lintas dengan lebih baik, penelitian ini dapat berkontribusi pada peningkatan keselamatan pengguna jalan dan efisiensi lalu lintas di ruas jalan Soekarno Hatta Cilacap, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Dengan demikian, penelitian ini memiliki manfaat yang signifikan dalam pemahaman, pengelolaan, dan perencanaan lalu lintas serta transportasi di wilayah tersebut.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini memiliki batasan penelitian dengan tujuan agar penelitian yang dibahas tidak terlalu melebar serta topik permasalahan yang dibahas menjadi terfokus. Batasan penelitian yang ditetapkan sebagai berikut. Batasan penelitian pada studi mengenai perbandingan karakteristik arus lalu lintas dengan menggunakan model *Greenshield*, model *Greenberg* dan model *Underwood* pada ruas jalan Soekarno Hatta Cilacap adalah sebagai berikut:

1. Lokasi Penelitian:

Penelitian ini akan dilakukan pada jalan Soekarno Hatta kilometer ke 3 di Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia. Penelitian tidak akan memperluas cakupan ke wilayah atau jalan lainnya.

2. Waktu Penelitian:

Penelitian ini akan dilakukan dalam periode tertentu, yaitu hari senin, Kamis dan Sabtu dimulai pada jam 06.30 pagi sampai dengan jam 16.30 sore. Pengamatan lapangan dan pengumpulan data akan terbatas pada periode ini.

3. Model Lalu Lintas yang Digunakan:

Penelitian ini akan memfokuskan pada model *Greenshield*, model *Greenberg* dan model *Underwood* sebagai kerangka pemodelan lalu lintas. Model-model lain yang mungkin ada tidak akan diikutsertakan dalam penelitian ini.

4. Karakteristik Arus Lalu Lintas:

Penelitian ini akan membatasi karakteristik arus lalu lintas pada tiga parameter utama, yaitu kecepatan rata-rata, kapasitas jalan, dan tingkat kepadatan kendaraan.

5. Sumber Data:

Data yang digunakan dalam penelitian ini akan berasal dari pengamatan lapangan, survei, dan data historis yang tersedia. Data yang relevan akan diperoleh dari sumber-sumber yang sah dan tersedia.

6. Metode Analisis:

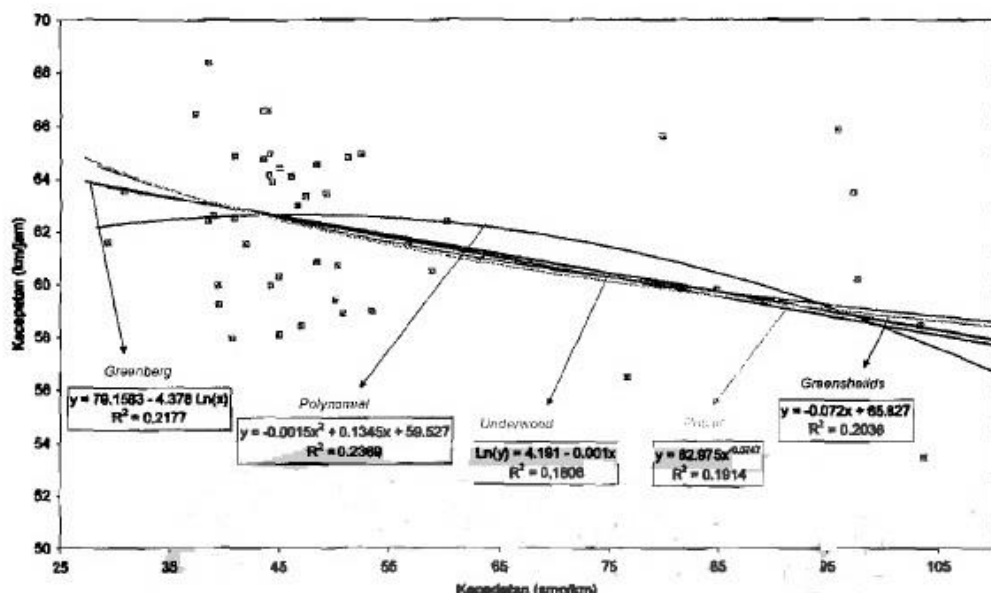
Penelitian ini akan menggunakan metode analisis statistika yang dihitung dalam satuan smp/jam mengikuti panduan MKJI.

BAB II

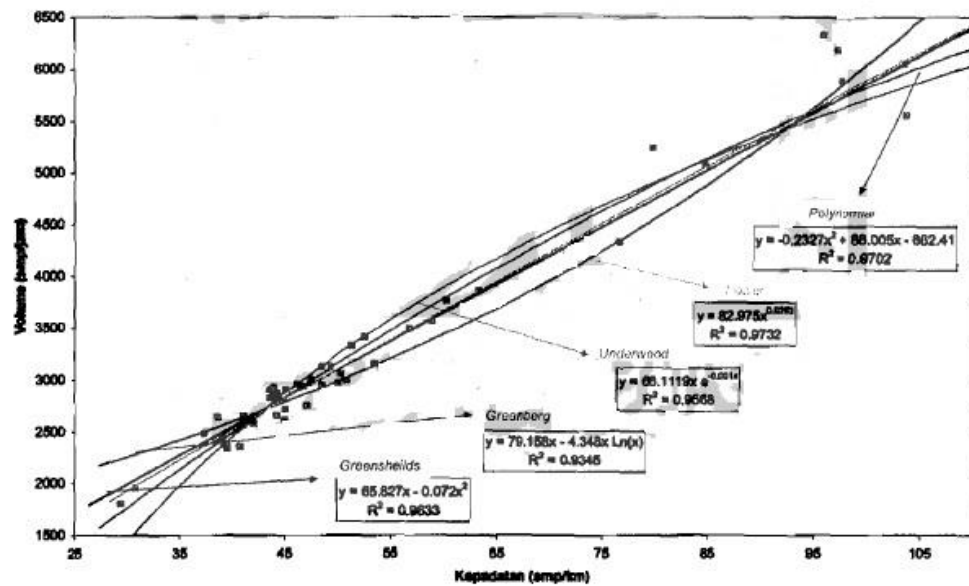
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Arus Lalu Lintas

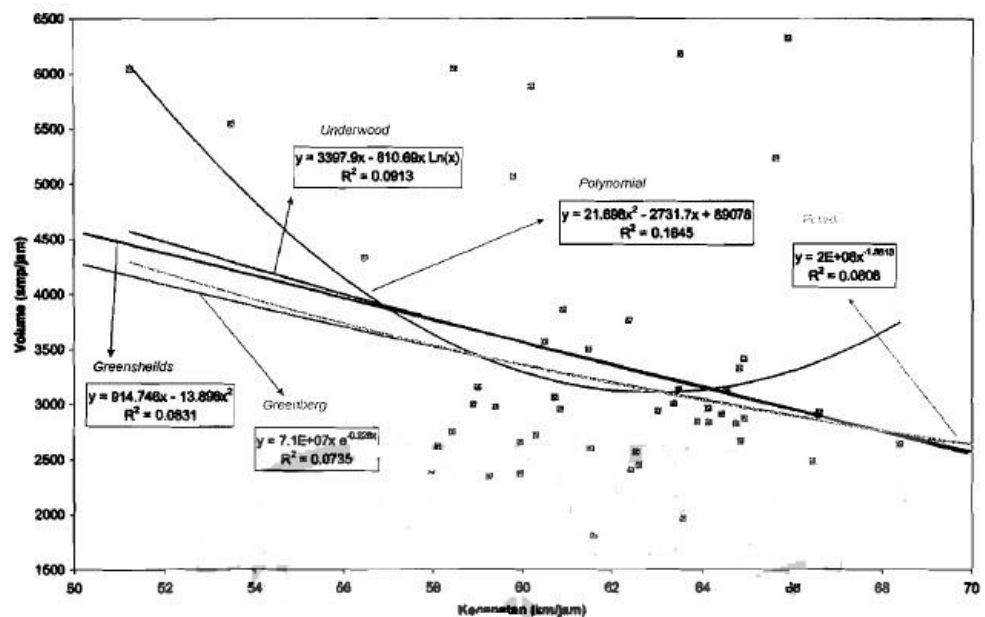
Rahardiyanto dan Lubis (2005), dalam penelitiannya Studi Komparasi Karakteristik Arus Lalu lintas Model *Greenshields*, *Greenberg*, dan *Underwood* studi kasus jalan Solo KM 13,5 dan jalan AM Sangaji meneliti tentang arus lalu lintas yang dijadikan model matematika menggunakan model *Greenshields*, *Greenberg*, dan *Underwood* untuk menentukan hubungan matematis kecepatan, kepadatan dan volume dan untuk mencari berapa volume maksimum serta pada kondisi bagaimana volume maksimum tersebut dapat terjadi berdasarkan model *Greenshields*, *Greenberg*, dan *Underwood*. Data penelitiannya didapatkan dari survei langsung ke lokasi di jalan Solo KM 13,5 dan jalan AM Sangaji sehingga didapatkan data berupa volume dan kecepatan lalu lintas, data tersebut kemudian diolah lalu dianalisis menggunakan model matematis sehingga didapatkan hubungan matematis antara kecepatan, kepadatan dan volume. Berikut gambar hubungan matematis yang didapatkan setelah mengolah data tersebut.



Gambar 2.1 Grafik Hubungan Matematis antara Kecepatan-Kepadatan
(Sumber : Rahardiyanto, dkk, 2005)



Gambar 2.2 Grafik Hubungan Matematis antara Volume-Kepadatan
(Sumber : Rahardiyanto, dkk, 2005)



Gambar 2.3 Grafik Hubungan Matematis antara Volume-Kecepatan
(Sumber : Rahardiyanto, dkk, 2005)

Untuk menentukan model terbaik digunakan koefisien determinasi menggunakan analisis 15 menit. Hasilnya didapatkan bahwa model terbaik yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik arus lalu lintas yang terjadi adalah sebagai berikut.

1. Untuk hubungan matematis antara kecepatan – kepadatan dengan nilai determinasi tertinggi terdapat pada model *Greenberg* dengan nilai determinasi sebesar 0.2177.
2. Untuk hubungan matematis antara volume – kepadatan dengan nilai determinasi tertinggi terdapat pada model *Greenberg* dengan nilai determinasi sebesar 0.9633.
3. Untuk hubungan matematis antara volume – kecepatan dengan nilai determinasi tertinggi terdapat pada model *Greenberg* dengan nilai determinasi sebesar 0.0913.

2.2 Kapasitas Menurut Metode MKJI 1997 dan Kapasitas Menggunakan Analisa Perilaku Karakteristik Arus Lalu lintas

Guntur, Sendow, Mecky. Manoppo (2016) dalam penelitiannya Evaluasi Perbandingan Kapasitas Menurut Metode MKJI 1997 dan Metode Perhitungan Kapasitas Dengan Menggunakan Analisa Perilaku Karakteristik Arus Lalu lintas Pada Ruas Jalan Antar Kota (Studi Kasus Manado – Bitung). Data penelitian didapatkan dengan cara survei langsung dilapangan sehingga didapatkan data berupa volume, kecepatan, kepadatan yang kemudian diolah kembali menggunakan model *Greenshields*, *Greenberg*, *Underwood* dan MKJI 1997 untuk dibandingkan model mana yang paling mendekati dengan MKJI 1997. Dari data penelitian yang sudah diolah didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Untuk model *Greenshields* didapatkan kapasitas sebesar 2835,394 smp/jam, kepadatan maksimum 125,3003 kend/jam dan kecepatan maksimum 22,629 km/jam.
2. Untuk model *Greenberg* didapatkan kapasitas sebesar 1346,1239 smp/jam dan kecepatan maksimum 14,98 km/jam.
3. Untuk model *Underwood* didapatkan kapasitas sebesar 1172,17 smp/jam, dengan kepadatan maksimum 78,90 kend/jam, dan kecepatan maksimum 14,86 km/jam.
4. Untuk MKJI 1997 didapatkan kapasitas sebesar 2883 smp/jam.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa model *Greenshields* merupakan model yang paling mendekati dengan MKJI dengan nilai kapasitas sebesar 2835,394

smp/jam untuk model *Greenshields* dan nilai kapasitas sebesar 2883 smp/jam untuk metodek MKJI 1997.

2.3 Metode Analisis Menggunakan Model *Greenshields*, *Greenberg*, *Underwood* dan *Bell Shape*

Hossain, Tahsin, dan Muromachi (2017) dalam penelitiannya yang berjudul *Revisiting calssical two and three phase traffic flow theories for pre-crash and normal traffic condition* bertujuan untuk meninjau kembali teori arus lalu lintas sebelum kecelakaan dan pada saat lalu lintas normal. Data penelitian didapatkan dengan cara survei lokasi yang akan dijadikan penelitian lalu mengumpulkan data berupa volume, kecepatan, jumlah kendaraan, data kecelakaan berupa hari dan jam kejadian, kendaraan yang terlibat dalam kecelakaan dan nomor jalur tempat terjadi kecelakaan, semua data kecelakaan dikumpulkan selama 6 bulan kemudian data ruas jalan berupa panjang jalan dan lebar jalan. Dari data yang didapatkan, bisa diambil kesimpulan bahwa rute tersebut aksesnya sangat dikontrol untuk memastikan arus lalu lintasnya tidak terganggu dimana cocok untuk teori klasik dua fase arus lalu lintas. Kemudian data tersebut dianalisis sebagai berikut.

1. Hubungan turunan untuk kondisi arus lalu lintas normal.

Dari data yang didapatkan, kemudian dibuat plot matrix dan garis regresi menggunakan kepadatan dan kecepatan pada saat kondisi arus lalu lintas normal untuk ke-empat model (*Greenshields*, *Greenberg*, *Underwood* dan *Bell Shape*) sehingga bisa didapatkan persamaan garis regresi untuk menentukan koefisien determinasi dan nilai parameter untuk kondisi arus lalu lintas normal yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 R^2 dan Estimasi Nilai Parameter untuk Arus Lalu Lintas Normal

Dataset	Model	R2	Vf	V0	K0	Kj
1	<i>Greenshield</i>	0,84	93,95			36,57
	<i>Greenberg</i>	0,8		32,34		59,24
	<i>Underwood</i>	0,86	119,86		15,13	
	<i>Bell Shape</i>	0,75	82,43		17,67	
2	<i>Greenshield</i>	0,76	94,05			32,36
	<i>Greenberg</i>	0,67		34,42		48,51
	<i>Underwood</i>	0,84	111,72		14,91	
	<i>Bell Shape</i>	0,75	80,05		17	
3	<i>Greenshield</i>	0,74	95,58			31,41
	<i>Greenberg</i>	0,58		39,25		64,79
	<i>Underwood</i>	0,79	113,88		15,46	
	<i>Bell Shape</i>	0,71	82,54		16,45	
4	<i>Greenshield</i>	0,76	84,23			32,56
	<i>Greenberg</i>	0,6		32,19		55,41
	<i>Underwood</i>	0,83	112,31		15,86	
	<i>Bell Shape</i>	0,83	80,79		17,02	

(Sumber : Hossain, dkk, 2017)

- Membandingkan kemiringan untuk perubahan linear dari data kondisi arus lalu lintas normal

Hasil analisis dari perhitungan sebelumnya menunjukkan variasi dari keempat data yang diuji lebih rendah dibandingkan ke – empat model terutama model *Greenshields*, *Underwood* dan *bell-shaped*. Untuk menunjukan data yang diuji merupakan wakil dari populasi pada saat kondisi arus lalu lintas normal maka perlu dilakukan uji hipotesis dengan $\alpha = 0.05$. Dari hasil uji hipotesis didapatkan hubungan kemiringan linearnya sama dengan nol atau dapat ditolak dengan melihat Tabel 2.2 yang membandingkan nilai p dan tingkat perubahan ($\alpha = 0.05$). Y mewakili nilai p kurang dari α dan X mewakili sebaliknya, ND1_ND2 merupakan data 1 arus lalu lintas normal dan data 2 arus lalu lintas normal. Dari hasilnya tidak ada perbedaan yang terlalu mencolok. untuk *Greenberg* pada data 2, 3 dan *bell – shaped* pada data 3, 4 nilai p kurang dari α .

Tabel 2.2 Uji Hipotesis untuk Perbandingan Kemiringan (Arus Lalu Lintas Normal)

Model	ND1_ND2	ND1_ND3	ND1_ND4	ND2_ND3	BD2_ND4	ND3_ND4
GS	X	X	X	X	X	X
GB	X	X	X	Y	X	X
UW	X	X	X	X	X	X
BS	X	Y	X	X	X	Y

(Sumber : Hossain, dkk, 2017)

3. Memperoleh hubungan kondisi arus lalu lintas sebelum kecelakaan
 - a. Kondisi arus lalu lintas sebelum kecelakaan didekat detektor arus masuk dan keluar (UD & DD)

Data dari satu sampai sepuluh menit sebelum kecelakaan didekat detektor diambil kemudian diekstrak dan dibuat sembilan model terpisah yang menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Koefisien Determinasi (R^2), Nilai untuk Kondisi Lalu Lintas Sebelum Kecelakaan (UD)

Model Name	T=10	T=9	T=8	T=7	T=6
<i>Greenshield</i>	0,54	0,54	0,53	0,55	0,54
<i>Greenberg</i>	0,66	0,69	0,64	0,65	0,67
<i>Underwood</i>	0,73	0,7	0,73	0,71	0,73
<i>Bell Shape</i>	0,65	0,54	0,55	0,59	0,59
	T=5	T=4	T=3	T=2	T=1
<i>Greenshield</i>	0,57	0,53	0,52	0,55	0,55
<i>Greenberg</i>	0,7	0,61	0,69	0,7	0,66
<i>Underwood</i>	0,74	0,75	0,71	0,78	0,76
<i>Bell Shape</i>	0,59	0,61	0,5	0,62	0,63

(Sumber : Hossain, dkk, 2017)

Tabel 2.4 Koefisien Determinasi (R^2), Nilai untuk Kondisi Lalu Lintas Sebelum Kecelakaan (DD)

Model Name	T=10	T=9	T=8	T=7	T=6
<i>Greenshield</i>	0,59	0,61	0,58	0,6	0,59
<i>Greenberg</i>	0,66	0,67	0,75	0,76	0,74
<i>Underwood</i>	0,78	0,82	0,79	0,79	0,77
<i>Bell Shape</i>	0,64	0,71	0,64	0,66	0,6

(Sumber : Hossain, dkk, 2017)

Lanjutan Tabel 2.4 Koefisien Determinasi (R^2), Nilai untuk Kondisi Lalu Lintas Sebelum Kecelakaan (DD)

Model Name	T=5	T=4	T=3	T=2	T=1
<i>Greenshield</i>	0,6	0,59	0,63	0,6	0,6
<i>Greenberg</i>	0,73	0,7	0,78	0,74	0,74
<i>Underwood</i>	0,79	0,78	0,79	0,81	0,78
<i>Bell Shape</i>	0,65	0,66	0,64	0,68	0,59

(Sumber : Hossain, dkk, 2017)

4. Membandingkan kemiringan data normal dan sebelum kecelakaan dari parameter yang diperkirakan

Hipotesis $\alpha = 0.05$ di uji untuk melihat kemiringan dari model arus lalu lintas normal dan sebelum kecelakaan sangat berbeda atau tidak dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Uji Hipotesis Perbandingan Kemiringan (Normal dan Sebelum Kecelakaan)

Model	UD_1	UD_2	UD_3	UD_4	UD_5	UD_6	UD_7	UD_8	UD_9
GS	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
GB	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UW	Y	X	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
BS	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	DD_1	DD_2	DD_3	DD_4	DD_5	DD_6	DD_7	DD_8	DD_9
GS	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
GB	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UW	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
BS	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

(Sumber : Hossain, dkk, 2017)

5. Perbandingan data lalu lintas Pra-Kecelakaan dan Normal untuk teori arus lalu lintas tiga fase

Dari setiap data sebelum kecelakaan dibuat grafik untuk mengidentifikasi perpindahan signifikan di waktu tertentu dimana perpindahan tersebut menggambarkan pengurangan arus dan kecepatan. Setelah diidentifikasi kemudian diambil waktu 25 menit saat terjadi kemacetan dan dibuat korelasi antara detektor arus masuk dan arus keluar dan kecepatan kendaraan dari 1 menit sampai 15 menit dihitung, hasil dari perhitungannya diilustrasikan kemudian didapatkan hasil akhir berupa maksimal, minimal, rata – rata dan standar deviasi

dari kecepatan (km/h) pada saat terjadi kemacetan dengan kondisi yang berbeda yang dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah ini.

Tabel 2.6 Maksimal, Minimal, Rata – Rata dan Standar Deviasi dari Kecepatan (km/jam) pada Saat Terjadi Kemacetan pada Kondisi yang Berbeda

	Detector Based Method		Correction Based Method	
	Pre-crash	Normal	Pre-crash	Normal
Maximum	-18,6	-13,89	-18,06	-12,04
Minimum	-11,1	-10,62	-11,93	-11,29
Average	-14,38	-12,37	-14,32	-11,67
Standard Deviation	2,27	1,34	2,33	0,31

(Sumber : Hossain, dkk, 2017)

Dari kesimpulan didapatkan dari keempat model (*Greenshield*, *Greenberg*, *Underwood*, *bell – shaped*) dari teori arus lalu lintas dua fase memiliki kecocokan yang tinggi untuk data arus lalu lintas normal. Selain model *Greenberg* nilai estimasi R^2 di atas 0.75 untuk semua empat sampel data arus lalu lintas normal. Model *Underwood* dan *Greenberg* memiliki kecocokan yang tinggi untuk kedua arus masuk dan arus keluar lalu lintas sebelum kecelakaan, model *Greenshield* mempunyai kinerja yang terburuk untuk data yang sama. Sebelum kecelakaan, arus lalu lintas bergerak lebih cepat dibandingkan saat kondisi lalu lintas normal, polanya terlihat pada semua model.

2.4 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Terdahulu

Perbandingan antara penelitian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini dengan penelitian-penelitian yang telah disebutkan di atas dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut

Tabel 2.7 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Nama	Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Penelitian yang diajukan
Rahardiyan P.P. Mulyadi Lubis	Study Komparasi Karakteristik Arus Lalu Lintas Model <i>Greenshield s</i> , <i>Greenberg</i> , dan <i>Underwood</i> studi kasus jalan Solo KM 13,5 dan jalan AM Sangaji	Untuk Menentukan hubungan matematis antara Kecepatan- Kepadatan, dan Volume- Kepadatan menggunakan model <i>Greenshield s</i> , <i>Greenberg</i> , dan <i>Underwood</i>	Survei lokasi yang akan dijadikan penelitian, mengumpulkan data primer, melakukan analisis menggunakan metode <i>Greenshields</i> , <i>Greenberg</i> , dan <i>Underwood</i> serta analisis regresi-linear dan koefisien determinasi	Berdasarkan analisis hubungan matematis antara kecepatan- kepadatan, volume- kecepatan, dan volume- kepadatan menggunakan model <i>Greenshields</i> , <i>Greenberg</i> , dan <i>Underwood</i> antara jalan Solo km 13,5 dengan jalan AM Sangaji memiliki karakteristik yang tidak sama dan volume maksimumnya terjadi pada kondisi yang tidak sama	Mengetahui karakteristik arus lalu lintas jalan Soekarno Hatta Cilacap menggunakan model <i>Greenshield</i> , <i>Greenberg</i> dan <i>Underwood</i>

Lanjutan Tabel 2.7 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Nama	Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Penelitian yang diajukan
Taufan Guntur S.M Theo K. Sendow Mecky R. E. Manoppo	Evaluasi Perhitungan kapasitas Menurut Metode MKJI dan metode perhitungan kapasitas dengan menggunakan analisa perilaku karakteristik arus lalu lintas pada ruas jalan antar kota, studi kasus manado – bitung.	Untuk mengetahui kapasitas dari ruas jalan antar kota Manado – Bitung dengan menggunakan metode Greenshield, Greenberg, dan Underwood. serta mengetahui kapasitas dari ruas jalan antar kota Manado – Bitung dengan menggunakan metode MKJI 1997.	Survei lokasi yang akan dijadikan penelitian. Mengumpulkan data volume dan kecepatan pada ruas jalan Melakukan analisis menggunakan metode Greenshields, Greenberg, dan Underwood dan MKJI 1997.	Untuk model Greenshields kapasitas 2835,394 smp/jam, kepadatan maksimum 125,3003 kend/jam dan kecepatan maksimum 22,629 km/jam. Untuk model Greenberg kapasitas 1346,1239 smp/jam dan kecepatan maksimum 14,98 km/jam. Untuk model Underwood kapasitas 1172,17 smp/jam, kepadatan maksimum 78,90.	Mengetahui karakteristik arus lalu lintas jalan Soekarno Hatta Cilacap menggunakan model Greenshield, Greenberg dan Underwood
Md. Mahmud Hossain Kazi Tahsin Huda Yasunori Muromachi	<i>Revisiting calssical two and three phase traffic flow theories for pre-crash and normal traffic condition</i>	Untuk meninjau kembali teori arus lalu lintas secara terpisah untuk kondisi lalu lintas sebelum kecelakaan dan pada saat normal	Survei lokasi yang akan dijadikan penelitian Mengumpulkan data primer beserta data kecelakaan Melakukan analisis	Sebelum kecelakaan, arus lalu lintas bergerak lebih cepat dibandingkan saat kondisi lalu lintas normal, polanya terlihat pada semua model	Mengetahui karakteristik arus lalu lintas jalan Soekarno Hatta Cilacap menggunakan model <i>Greenshield</i> , <i>Greenberg</i> dan <i>Underwood</i>

Lanjutan Tabel 2.7 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Nama	Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Penelitian yang diajukan
Ririn Gamran Freddy Jansen M. J. Paransa	Analisa Perbandingan Perhitungan Kapasitas Menggunakan Metode <i>Greenshields</i> , <i>Greenberg</i> , dan <i>Underwood</i> terhadap perhitungan kapasitas menggunakan metode MKJI	Menentukan tiga parameter hubungan matematis antara volume, kecepatan, dan kepadatan dengan ketiga model Membandingkan kapasitas dari ruas jalan raya manado – tomohon dengan menggunakan ketiga model matematis dan MKJI	Survei lokasi yang akan dijadikan penelitian. Mengumpulkan data volume dan kecepatan pada ruas jalan Melakukan analisis menggunakan metode <i>Greenshields</i> , <i>Greenberg</i> , dan <i>Underwood</i> dan MKJI 1997.	Untuk model <i>Greenshields</i> kapasitas 1140,04 smp/jam, kepadatan maksimum 44,26 smp/km dan kecepatan maksimum 25,76 km/jam Untuk model <i>Greenberg</i> kapasitas 1134,30 smp/jam dan kecepatan maksimum 14,19 km/jam Untuk model <i>Underwood</i> kapasitas 1172,17 smp/jam, kepadatan maksimum 78,90 smp/km, dan kecepatan maksimum 14,86 km/jam Untuk MKJI 1997 kapasitas 2790 smpp/jam <i>Greenberg</i> paling mendekati kapasitas MKJI	Mengetahui karakteristik arus lalu lintas jalan Soekarno Hatta Cilacap menggunakan model <i>Greenshield</i> , <i>Greenberg</i> dan <i>Underwood</i>
Louise Elizabeth R. Monika Datu Mirring P.	<i>Performance road before and during pandemic covid 19</i>	Untuk mengetahui perbandingan arus lalu lintas pada saat pandemi dan sebelum pandemi	Survei lokasi yang akan dijadikan penelitian. Mengumpulkan data volume dan kecepatan pada ruas jalan. Melakukan analisis menggunakan metode <i>Greenshields</i> , <i>Greenberg</i> , dan <i>Underwood</i> dan MKJI 1997	Jumlah arus dan derajat kejenuhan sebelum pandemi mengalami penurunan dibandingkan pada saat kondisi larangan berpergian dan new normal	Mengetahui karakteristik arus lalu lintas jalan Soekarno Hatta Cilacap menggunakan model <i>Greenshield</i> , <i>Greenberg</i> dan <i>Underwood</i>

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Lalu Lintas

Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2009 menyatakan lalu lintas adalah gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan sedangkan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, lalu lintas merupakan kegiatan berjalan bolak – balik, hilir mudik, perihal perjalanan di jalan, penghubung antara tempat yang satu dengan yang lainnya.

3.2 Kendaraan

Menurut Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2009, kendaraan merupakan suatu sarana, angkut di jalan yang terdiri dari kendaraan bermotor dan tidak bermotor, sedangkan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kendaraan merupakan sesuatu yang digunakan untuk dikendarai atau dinaiki. Kendaraan sendiri dikelompokkan jenisnya seperti.

1. Kendaraan Ringan (LV)
2. Kendaraan Berat Menengah (MHV)
3. Truk Besar (LT)
4. Bis Besar (BT)
5. Sepeda Motor (MC)
6. Kendaraan Tak Bermotor (UM)

3.3 Parameter – Parameter Utama

3.3.1 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas yang dinyatakan menggunakan notasi (V) merupakan dasar untuk perencanaan jalan dan pengamatan kecenderungan yang dapat dihitung dengan menghitung jumlah kendaraan yang melewati suatu titik di ruas jalan yang ditetapkan pada waktu tertentu, volume biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam atau smp/jam (MKJI 1997).

Volume Lalu Lintas Harian Rata - Rata (LHR) adalah volume total yang melintasi suatu titik atau ruas pada fasilitas jalan untuk kedua jurusan, selama satu tahun dibagi oleh jumlah hari dalam satu tahun dan Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah taksiran atau prakiraan volume lalu lintas harian untuk masa yang akan datang pada bagian jalan tertentu. (Kementerian Pekerjaan Umum 1997). Volume harian terdiri dari lalu lintas harian tahunan (LHRT) dan Lalu lintas harian kerja rata – rata tahunan (LHKRT) dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah kendaraan yang lewat selama 1 tahun}}{365} \quad (3.1)$$

$$\text{LHKRT} = \frac{\text{Jumlah kendaraan yang lewat pada hari kerja selama 1 tahun}}{260} \quad (3.2)$$

3.3.2 Derajat Kejenuhan

Kepadatan (D) adalah rasio atau perbandingan arus lalu lintas terhadap kecepatan (MKJI, 1997). Nilai dari kepadatan dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$D = \frac{V}{S} \quad (3.3)$$

Dimana :

D = Kepadatan

V = Arus

S = Kecepatan

3.3.3 Kecepatan Lalu Lintas

Kecepatan yang dinyatakan menggunakan notasi S merupakan laju perpindahan yang dilakukan oleh kendaraan untuk mencapai tempat tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan km/jam. Pada suatu arus lalu lintas, tiap kendaraan memiliki kecepatan yang berbeda – beda tidak memiliki kecepatan yang sama. Dalam melakukan survei kecepatan, ada 3 jenis pengelompokan kecepatan kendaraan yang bisa digunakan.

1. *Spot speed*

Kecepatan kendaraan diukur pada titik tertentu yang telah ditetapkan. Kecepatan sesaat bisa diketahui melalui metode survei. Saat kecepatan diukur dari titik tertentu, distribusi kecepatan dapat dihitung.

2. *Journey speed*

Kecepatan perjalanan merujuk pada kecepatan kendaraan saat bergerak dari titik asal ke titik tujuan. Jarak yang lebih jauh cenderung meningkatkan kemungkinan tundaan, yang pada akhirnya menyebabkan waktu tempuh antara dua lokasi menjadi lebih lama.

3. *Running speed*

Kecepatan bergerak bisa dihitung dengan menggunakan waktu bergerak rata-rata. Jika tidak ada tundaan berhenti, maka kecepatan bergerak rata-rata sama dengan kecepatan rata-rata ruang. Kecepatan bergerak dihitung dengan membagi jarak yang ditempuh dengan waktu tempuhnya.

3.4 Hubungan Kecepatan, Kepadatan dan Volume

3.4.1 Model *Greenshields*

Greenshields menyatakan bahwa hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan diasumsikan linier (Tamin, 2008), yang bisa dilihat pada Persamaan (3.3)

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D \quad (3.3)$$

Jika dilihat pada rumus tersebut, terlihat rumus di atas dasarnya menggunakan persamaan linier, $Y = A + BX$, dimana S merupakan konstanta Y , S_{ff} merupakan konstanta A , $\frac{S_{ff}}{D_j}$ merupakan konstanta B dan D merupakan konstanta X . Hubungan dasar antara kecepatan, volume dan kepadatan adalah :

$$S = \frac{V}{D} \quad (3.4)$$

Selanjutnya, hubungan matematis arus dan kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar dari Persamaan (3.4). Dan selanjutnya dengan cara memasukkan Persamaan (3.3) ke Persamaan (3.4) sehingga menjadi :

$$\frac{V}{D} = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D \quad (3.5)$$

$$V = D \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D^2 \quad (3.6)$$

Kemudian, hubungan matematis antara arus dan kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan Persamaan (3.4). Dan selanjutnya dengan cara memasukkan Persamaan (3.4) ke Persamaan (3.3) sehingga menjadi :

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot \frac{V}{S} \quad (3.7)$$

$$\frac{S_{ff}}{D_j} \cdot \frac{V}{S} = S_{ff} - S \quad (3.8)$$

$$V \cdot S_{ff} = D_j \cdot S \cdot (S_{ff} - S) \quad (3.9)$$

$$V = (S_{ff} \cdot D_j \cdot S - D_j \cdot S^2) / S_{ff} \quad (3.10)$$

$$V = D_j \cdot S - \frac{D_j}{S_{ff}} \cdot S^2 \quad (3.11)$$

Persamaan (3.11) merupakan persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara arus dengan kecepatan. Untuk kondisi kepadatan maksimum (D_m) diperoleh pada saat $D = D_m$ sehingga dari Persamaan (3.5) didapatkan Persamaan (3.17)

$$\frac{V}{D} = S_{ff} - \frac{2S_{ff}}{D_j} \cdot D \quad (3.12)$$

$$\frac{\partial V}{\partial D} = S_{ff} - \frac{2S_{ff}}{D_j} \cdot D_m = 0 \quad (3.13)$$

$$\frac{\partial V}{\partial D} = D_j \cdot S_{ff} - 2S_{ff} \cdot D_m = 0 \quad (3.14)$$

$$2S_{ff} \cdot D_m = D_j \cdot S_{ff} \quad (3.15)$$

$$D_m = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{2S_{ff}} \quad (3.16)$$

$$D_m = \frac{D_j}{2} \quad (3.17)$$

Kemudian kondisi arus maksimum (V_{maks}) diperoleh dari Persamaan (3.17) diperoleh pada saat $D = D_m$ yang dimasukkan ke dalam Persamaan (3.6) sehingga menjadi :

$$V_{maks} = \frac{D_j}{2} \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot \left(\frac{D_j}{2}\right)^2 \quad (3.18)$$

$$V_{maks} = \frac{D_j}{2} \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff} \cdot D_j^2}{D_j \cdot 4} \quad (3.19)$$

$$V_{maks} = \frac{2D_j}{4} \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff} \cdot D_j^2}{D_j \cdot 4} \quad (3.20)$$

$$V_{maks} = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} \quad (3.21)$$

Untuk kondisi kecepatan pada saat arus maksimum (S_m) diperoleh pada saat $S = S_m$ sehingga digunakan Persamaan (3.21) yang dimasukkan ke dalam Persamaan dasar (3.4) kemudian diturunkan sebagai berikut :

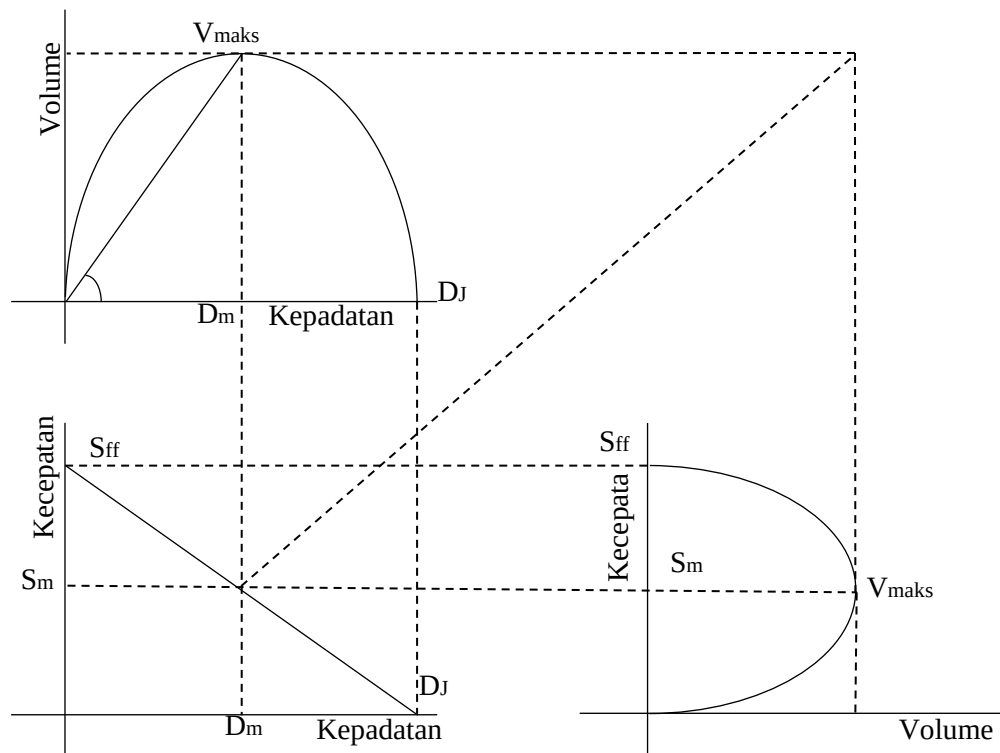
$$\frac{\partial V}{\partial S} = D_j - \frac{2D_j}{S_{ff}} S_m = 0 \quad (3.22)$$

$$\frac{2D_j}{S_{ff}} S_m = D_j \quad (3.23)$$

$$S_m = D_j \cdot \frac{S_{ff}}{2D_j} \quad (3.24)$$

$$S_m = \frac{S_{ff}}{2} \quad (3.25)$$

Kecepatan, kepadatan dan volume memiliki hubungan yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 Hubungan variabel lalu lintas model *Greenshields*..



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Variabel Lalu Lintas Model *Greenshields*
(Sumber : Tamin, 2008)

Dari Gambar 3.1 di atas dapat kita lihat hubungan antara kecepatan, kepadatan dan volume. Jika kepadatan lalu lintas menurun maka kecepatannya akan meningkat dan berlaku sebaliknya, ketika kepadatan sangat tinggi maka kecepatan akan menurun sehingga arus lalu lintas menjadi padat yang menyebabkan kendaraan tidak bergerak atau mengalami kemacetan. Adapun definisi parameter tersebut adalah sebagai berikut.

1. V_{maks} = Volume maksimum (kendaraan/jam)
2. D_m = Kepadatan maksimum (kendaraan/km)

- 3. D_j = Kepadatan jenuh (kendaraan/km)
- 4. S_m = Kecepatan maksimum (km/jam)
- 5. S_{ff} = Kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam)

3.4.2 Model *Greenberg*

Greenberg berasumsi bahwa hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan merupakan fungsi logaritmik, (Tamin, 2008) dengan persamaan model dasar *Greenberg* sebagai berikut.

$$D = C \cdot e^{bS} \quad (3.26)$$

Jika persamaan di atas kita nyatakan dalam bentuk logaritma natural maka persamaannya menjadi :

$$\ln D = \ln C + bs \quad (3.27)$$

Sehingga didapatkan hubungan matematis antara kecepatan dengan kepadatan adalah sebagai berikut :

$$bs = \ln D - \ln C \quad (3.28)$$

$$S = \frac{\ln D - \ln C}{b} \quad (3.29)$$

Kemudian untuk mendapatkan hubungan matematis antara arus dengan kecepatan, Persamaan (3.4) dapat diturunkan dengan cara memasukkan Persamaan (3.26) ke dalam Persamaan (3.4) sehingga mendapatkan Persamaan (3.30) dan (3.31).

$$\frac{V}{S} = C \cdot e^{bS} \quad (3.30)$$

$$V = S \cdot C \cdot e^{bS} \quad (3.31)$$

Kemudian untuk mendapatkan hubungan matematis antara arus dengan kecepatan, Persamaan (3.4) dapat diturunkan. Dan selanjutnya dengan cara memasukkan Persamaan (3.28) ke dalam Persamaan dasar (3.4) sehingga mendapatkan Persamaan (3.32) dan (3.33).

$$\frac{V}{D} = \frac{\text{Ln}D - \text{Ln}C}{b} \quad (3.32)$$

$$V = \frac{D \cdot \text{Ln}D - D \cdot \text{Ln}C}{b} \quad (3.33)$$

Kondisi arus maksimum (V_m) didapatkan pada saat arus $S = S_m$ dan $D = D_m$ Nilainya sebagai berikut.

$$S_m = \frac{1}{b} \quad (3.34)$$

$$D_m = e^{\text{Ln}C-1} \quad (3.35)$$

3.4.3 Model *Underwood*

Underwood berasumsi bahwa hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan merupakan fungsi eksponensial, (Tamin, 2008) dengan persamaan model dasar *Underwood* sebagai berikut.

$$S = S_{ff} \cdot e^{-\frac{D}{D_m}} \quad (3.31)$$

Jika persamaan di atas dinyatakan dalam bentuk logaritma natural maka persamaan tersebut dapat ditulis seperti persamaan berikut.

$$\text{Ln}S = \text{Ln}S_{ff} - \frac{D}{D_m} \quad (3.32)$$

Kemudian, hubungan matematis antara arus dan kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan Persamaan (3.3). Dan selanjutnya dengan cara memasukkan Persamaan (3.3) ke Persamaan (3.31) sehingga didapatkan Persamaan (3.33) dan (3.34).

$$\frac{V}{D} = S_{ff} \cdot e^{-\frac{D}{D_m}} \quad (3.33)$$

$$V = D \cdot S_{ff} \cdot e^{-\frac{D}{D_m}} \quad (3.34)$$

Selanjutnya, hubungan matematis arus dan kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar dari Persamaan (3.3). Dan selanjutnya dengan cara memasukkan Persamaan (3.3) ke Persamaan (3.32) sehingga didapatkan Persamaan (3.38).

$$\ln S = \ln S_{ff} - \frac{D}{D_m} \quad (3.35)$$

$$\ln S = \ln S_{ff} - \frac{V}{S \cdot D_m} \quad (3.36)$$

$$\frac{V}{S \cdot D_m} = \ln S_{ff} - \ln S \quad (3.37)$$

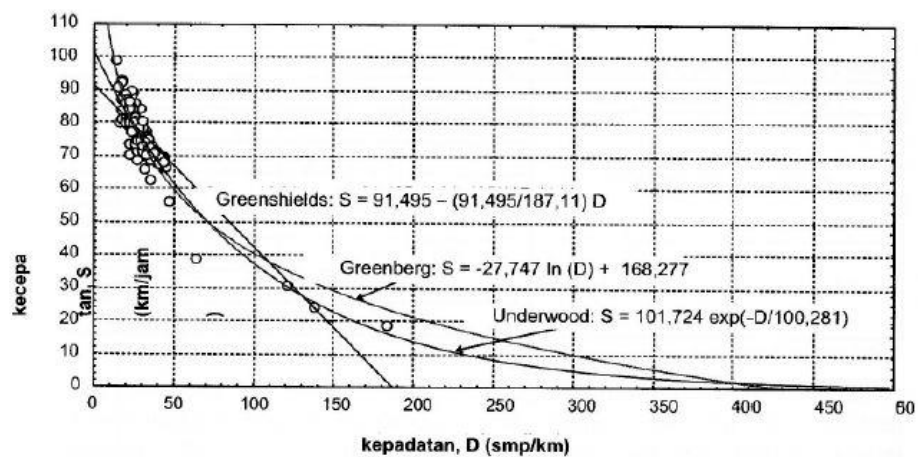
$$V = S \cdot D_m \cdot (\ln S_{ff} - \ln S) \quad (3.38)$$

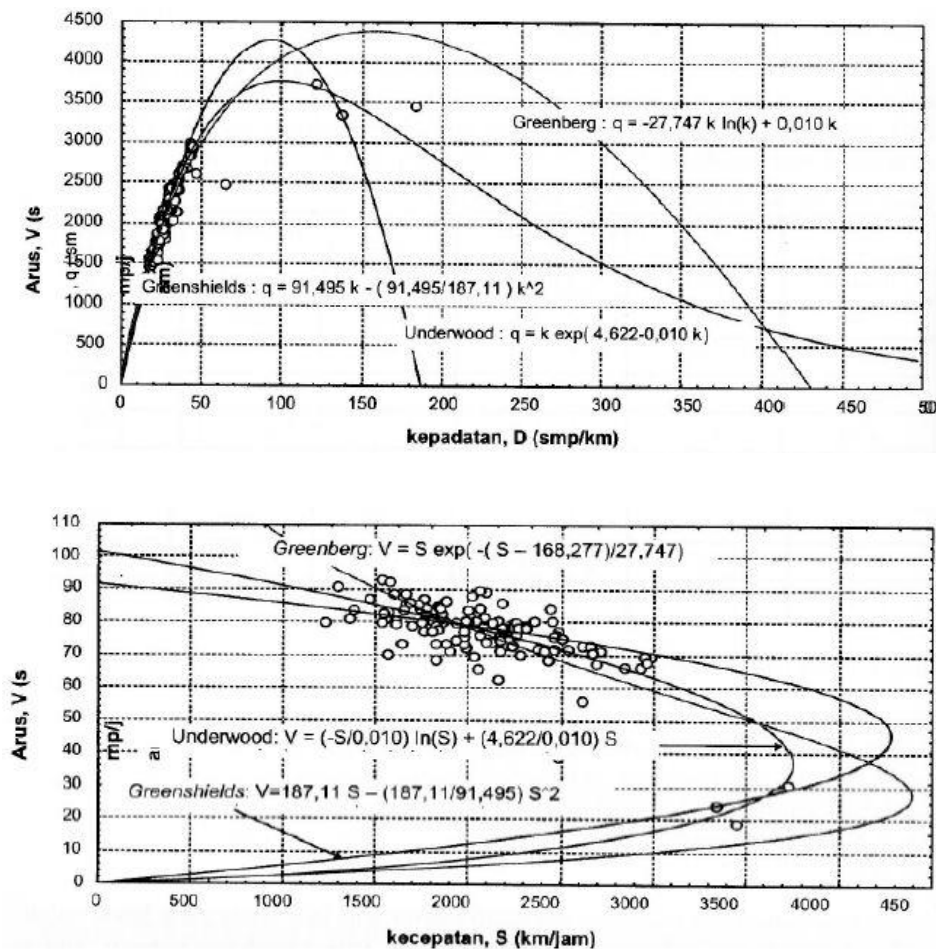
Kondisi arus maksimum (V_m) didapatkan pada saat arus $S = S_m$ dan $D = D_m$. Nilainya sebagai berikut.

$$S_m = e^{\ln S_{ff} - 1} \quad (3.39)$$

$$D_m = -\frac{1}{b} \quad (3.40)$$

Gambar grafik dari ketiga model di atas jika dibandingkan.





Gambar 3.2 Grafik Parameter Lalu Lintas Menurut Greenshields, Greenberg, dan Underwood
(Sumber: Tamin, 2008)

3.5 Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Menurut Manual Kapasitas Jalan (1997), ekuivalensi mobil penumpang merupakan faktor konversi yang digunakan untuk menyesuaikan hasil perhitungan teoritis dengan aktual di lapangan dengan cara membandingkan jenis kendaraan sedang, bus besar, truk besar, dan sepeda motor terhadap mobil penumpang sehubungan dengan dampaknya terhadap kapasitas jalan.

Tabel 3.1 Nilai EMP untuk Jalan Perkotaan Tak Terbagi

Tipe Alinyemen	Arus total (kend/jam)		emp			
	Jalan terbagi per arah kend/jam	Jalan tak terbagi total kend/jam	MHV	LB	LT	MC
Datar	0	0	1,2	1,2	1,6	0,5
	1000	1700	1,4	1,4	2	0,6
	1800	3250	1,6	1,7	2,5	0,8
	≥2150	≥3950	1,3	1,5	2	0,5

(Sumber : Bina Marga, 1997)

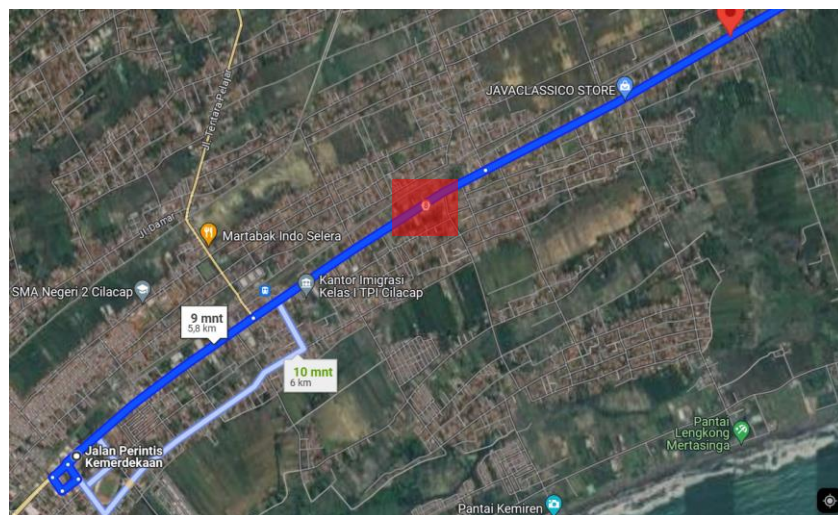
BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Penelitian

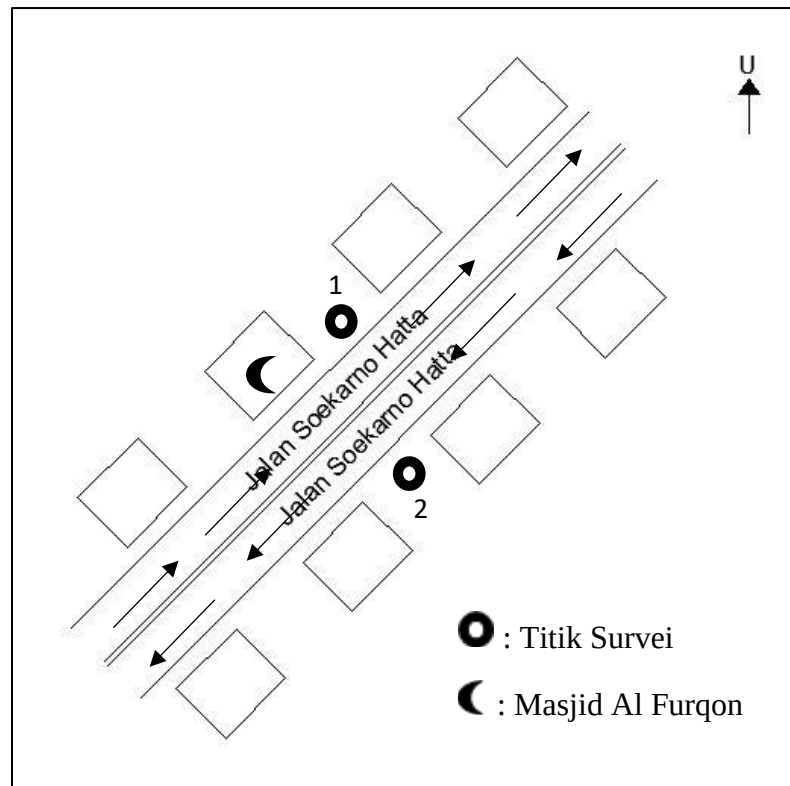
Adapun lokasi ruas jalan yang ditinjau adalah Jalan Soekarno Hatta – Cilacap, Jawa Tengah . Penelitian ini digunakan untuk membandingkan karakteristik arus lalu lintas pada ruas Jalan Soekarno Hatta Cilacap dengan menggunakan model *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood*.

4.2 Lokasi Penelitian

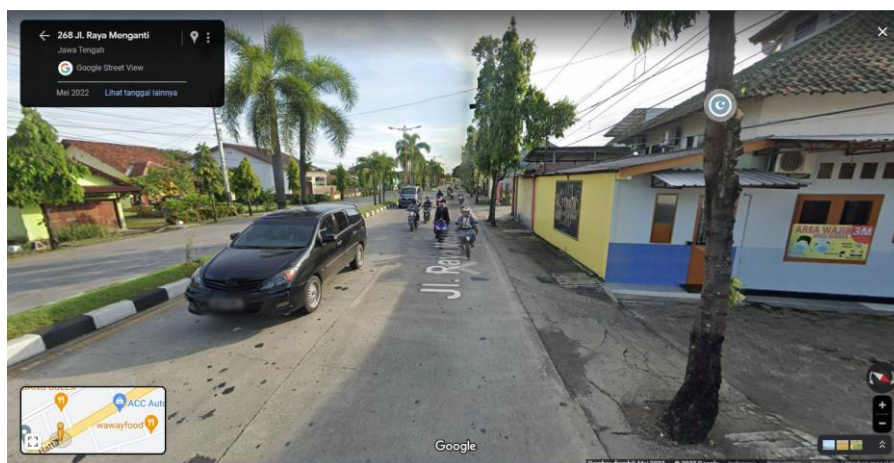
Peta atau diagram yang menunjukkan posisi dan tata letak area pengamatan yang akan digunakan dalam suatu studi atau penelitian, seperti pengamatan lalu lintas. Denah ini mencakup informasi tentang posisi titik-titik pengamatan, orientasi jalan, elemen-elemen penting lainnya seperti rambu lalu lintas, bangunan, persimpangan, dan lain-lain yang relevan. Lokasi penelitian berada di depan Masjid Al Furqon yang terletak di tengah Jalan Soekarno Hatta. Untuk lebih jelasnya, lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Jalan Soekarno Hatta – Cilacap Tampak Atas
(Sumber : Google Maps, 2023)



Gambar 4.2 Sketsa Lokasi Pengamatan



Gambar 4.3 Lokasi Pengamatan Arah Timur Laut
(Sumber : Google Maps, 2023)



Gambar 4.4 Lokasi Pengamatan Arah Barat Daya

(Sumber : Google Maps, 2023)

4.3 Data Penelitian

4.3.1 Data Geometri Jalan

Informasi yang menggambarkan karakteristik fisik dan bentuk suatu jalan, yang mencakup berbagai elemen desain yang mempengaruhi kinerja lalu lintas dan keselamatan pengguna jalan. Data ini biasanya digunakan dalam perencanaan, perancangan, dan analisis jalan raya. Data geometri ruas jalan digunakan untuk menjelaskan ukuran dimensi suatu ruas jalan. Data geometri jalan meliputi.

1. Lebar jalan dan Lajur

Lebar total jalan serta lebar setiap lajur, yang mempengaruhi kapasitas dan aliran lalu lintas

2. Jarak titik pengamatan spot speed

Jarak antara dua titik pengamatan yang digunakan untuk mengukur kecepatan sesaat (spot speed) kendaraan pada suatu ruas jalan.

3. Denah lokasi pengamatan

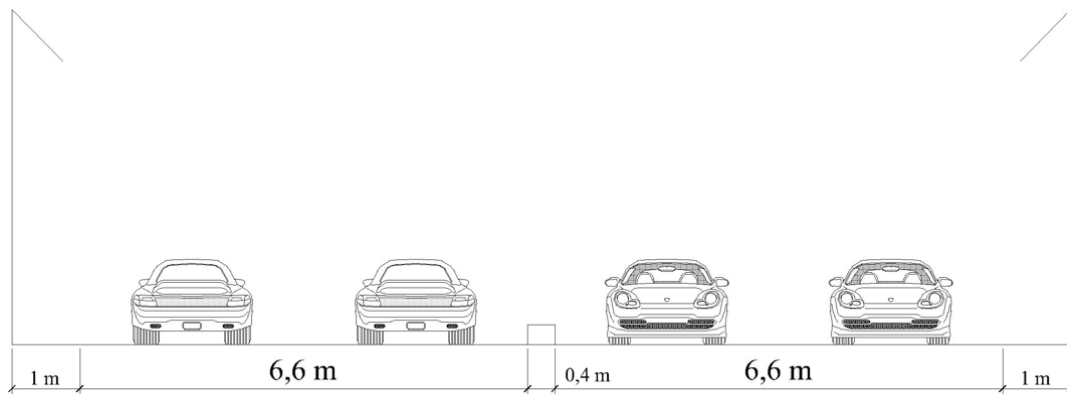
Peta atau diagram yang menunjukkan posisi dan tata letak area pengamatan.

4. Lebar median

Lebar dan tipe median yang memisahkan arah lalu lintas yang berlawanan.

5. Lebar bahu jalan

Lebar area di samping lajur yang dapat digunakan untuk keadaan darurat atau parkir sementara.



Gambar 4.5 Penampang Melintang Ruas Jalan Soekarno Hatta

4.3.2 Data Arus Lalu Lintas

Data arus lalu lintas digunakan untuk mengetahui volume, kecepatan dan kepadatan kendaraan yang dilakukan setiap 15 menit dari jam 06.30 sampai dengan 16.30 yang dilakukan selama 3 hari pada hari senin, kamis dan sabtu. Data arus lalu lintas yang didapatkan dapat digunakan untuk menggambarkan model hubungan volume – kepadatan – kecepatan. Data arus lalu lintas didapatkan dengan cara mencatat jumlah kendaraan yang melintasi lokasi penelitian yang dikelompokkan menjadi 3 yaitu *Light Vehicle* (LV) berupa kendaraan roda 4 pribadi, *High Vehicle* (HV) berupa bus dan truk dan *Motor Cycle* (MC) berupa sepeda motor. Data arus lalu lintas bisa dilihat pada Lampiran 1 Data Hasil Pengamatan.

4.3.3 Data Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas

Data kecepatan didapatkan dengan cara *spot speed study* dengan cara mengarahkan *speed gun* ke kendaraan yang melintasi jarak tembak setiap 15 menit kemudian didapatkan kecepatan dalam km/jam yang kemudian diolah lagi sehingga mendapatkan kecepatan aslinya. Semua data kecepatan bisa dilihat pada Lampiran 1 Data Hasil Pengamatan.

4.4 Metode Pengambilan Data

Berikut merupakan metode pengambilan data primer.

1. Mengukur lebar jalan, median dan bahu menggunakan meteran roda
2. Menandai lokasi pengamatan untuk mencatat jumlah kendaraan dan kecepatan kendaraan yang melintasi penanda

3. Pengamatan dilakukan setiap 15 menit yang kemudian dicatat kedalam form pengamatan
4. Gunakan *stopwatch* untuk membantu surveyor menentukan batasan waktu pengamatan
5. Klasifikasikan data arus lalu lintas yang diamati menjadi 3 jenis berupa kendaraan ringan (*LV*), kendaraan berat (*HV*) dan sepeda motor (*MC*).

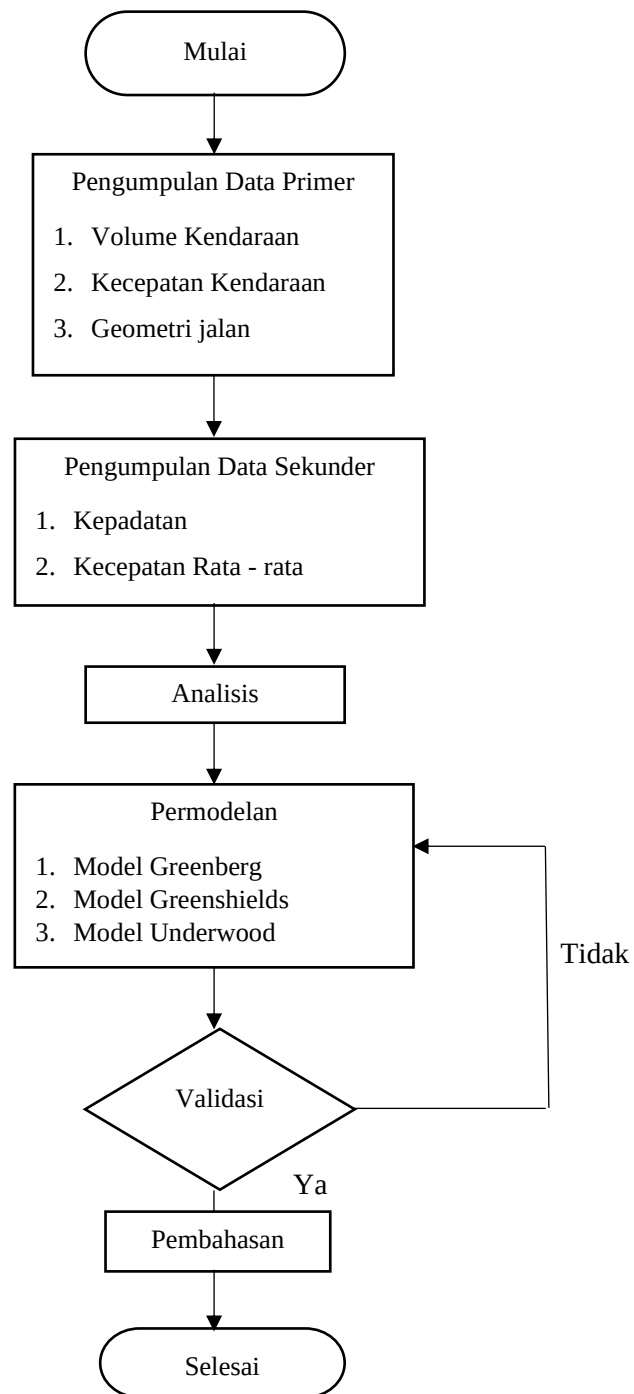
4.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan langkah-langkah yang harus dilakukan oleh seorang peneliti dalam melakukan penelitian guna mencapai maksud dan tujuan dari penelitian itu sendiri. Berikut tahapan atau langkah untuk melakukan analisis perbandingan karakteristik arus lalu lintas dengan menggunakan model *Greenshields*, *Greenberg* dan *Underwood*.

1. Pengumpulan data, yaitu dengan melakukan pengambilan data baik primer maupun sekunder. Selanjutnya data-data tersebut akan dijadikan bahan penelitian.
2. Analisis, yaitu mengolah data-data yang telah didapatkan sebelumnya di lapangan, lalu dilakukan analisis menggunakan model *Greenshields*, *Greenberg* dan *Underwood*. Selanjutnya akan dibandingkan dari semua model tersebut mana yang lebih sesuai dengan kondisi lapangan.
3. Evaluasi, yaitu merupakan tindakan selanjutnya setelah analisis apabila ruas jalan yang diteliti perlu dioptimalisasikan kinerjanya. Pada tahap ini akan dikembangkan lagi beberapa alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan yang dijumpai.

4.6 Bagan Alir

Adapun penjelasan mengenai tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut :



Gambar 4.6 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 MKJI 1997

5.1.1 Kapasitas Jalan

Kapasitas (C) merupakan jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati suatu segmen jalan dalam satu arah selama periode waktu tertentu, biasanya diukur dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam) atau satuan mobil penumpang per jam (smp/jam). Kapasitas jalan mencerminkan seberapa banyak lalu lintas yang dapat ditangani oleh jalan tersebut secara efisien, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti lebar jalan, jumlah lajur, hambatan samping. Dengan persamaan sebagai berikut.

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \quad (5.1)$$

Dimana

C = Kapasitas jalan

C_0 = Kapasitas dasar

FC_W = Faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{SP} = Faktor penyesuaian pemisah arah

FC_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan

Perhitungan kapasitas berdasarkan hasil survei lalu lintas yang didapatkan dapat kita hitung kapasitasnya.

Median = 0,4 m

Lebar bahu = 1 m

Lebar jalan = 6,6 m

Dari data di atas dapat dihitung kapasitasnya.

$C_0 = 1900$

$FC_W = 0,968$

$FC_{SF} = 0,95$

$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF}$

$$= 1900 \times 0,968 \times 0,95$$

$$= 1747,24 \text{ smp/jam}$$

5.1.2 Derajat Kejenuhan

Sementara derajat kejenuhan (D_s) merupakan indikator yang digunakan dalam analisis lalu lintas untuk mengukur tingkat pemanfaatan kapasitas suatu ruas jalan atau persimpangan. Dengan persamaan sebagai berikut.

$$D_s = \frac{Q}{C} \quad (5.2)$$

Dimana

Q = Volume

C = kapasitas

Setelah mendapat kapasitas, derajat kejenuhan setiap data survei bisa didapatkan.

1. Senin 11 Maret 2024

a. Lokasi 1

$$\text{Volume} = 1793,4 \text{ smp/jam}$$

$$\begin{aligned} D_s &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{1793,4}{1747,24} \\ &= 1,03 \end{aligned}$$

b. Lokasi 2

$$\text{Volume} = 1825,6 \text{ smp/jam}$$

$$\begin{aligned} D_s &= \frac{Q}{C} \\ &= \frac{1825,6}{1747,24} \\ &= 1,05 \end{aligned}$$

2. Kamis 14 Maret 2024

a. Lokasi 1

$$\text{Volume} = 1198,3 \text{ smp/jam}$$

$$\begin{aligned}
 D_s &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1198,3}{1747,24} \\
 &= 0,69
 \end{aligned}$$

b. Lokasi 2

Volume = 1845,5 smp/jam

$$\begin{aligned}
 D_s &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1845,4}{1747,24} \\
 &= 1,05
 \end{aligned}$$

3. Sabtu 16 Maret 2024

a. Lokasi 1

Volume = 1250,9 smp/jam

$$\begin{aligned}
 D_s &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1250,9}{1747,24} \\
 &= 0,76
 \end{aligned}$$

b. Lokasi 2

Volume = 1567,2 smp/jam

$$\begin{aligned}
 D_s &= \frac{Q}{C} \\
 &= \frac{1567,2}{1747,24} \\
 &= 0,89
 \end{aligned}$$

5.1.3 Kecepatan Arus Bebas

kecepatan rata-rata kendaraan di suatu jalan saat tidak ada hambatan yang berarti dari lalu lintas lainnya, rambu lalu lintas, atau faktor eksternal lainnya. Ini

merupakan kecepatan yang dapat dicapai oleh kendaraan ringan (mobil penumpang) pada kondisi ideal, di mana jalan berada dalam kondisi maksimal, cuaca baik, dan pengemudi bebas memilih kecepatan tanpa gangguan, (MKJI 1997) dengan persamaan sebagai berikut.

$$FV = (FV_0 + FV_w) \times FFV_{SF} \times FFV_{RC} \quad (5.3)$$

Dimana

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada kondisi lapangan (km/jam)

FV_0 = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan (km/jam)

FV_w = Penyesuaian untuk lebar efektif jalur lalu – lintas (km/jam)

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian untuk kondisi hambatan samping

FFV_{RC} = Faktor penyesuaian untuk kelas fungsi jalan

Perhitungan kecepatan arus bebas berdasarkan hasil survei lalu lintas pada jalan Soekanro Hatta yang didapatkan dapat kita hitung sebagai berikut.

Median = 0,4 m

Lebar bahu = 1 m

Lebar jalan = 6,6 m

Dari data di atas didapatkan

FV_0 = 78 km/jam

FV_w = -0,8 km/jam

FFV_{SF} = 0,95

FFV_{RC} = 0,98

Sehingga kecepatan arus bebasnya

$$FV = (FV_0 + FV_w) \times FFV_{SF} \times FFV_{RC}$$

$$FV = (78 + (-0,8)) \times 0,95 \times 0,98$$

$$= 71,87 \text{ km/jam}$$

Hasil dari perhitungan menggunakan MKJI 1997 dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut

Tabel 5.1 Hasil Analisis Menggunakan MKJI 1997

Hari	Kecepatan Arus Bebas (FV)	Derajat Kejenuhan (Ds)		Kapasitas (C)
		Arah Survei 1	Arah Survei 2	
Senin	71,87 km/jam	1,03	1,05	1747,24 smp/jam
Kamis		0,69	1,05	
Sabtu		0,76	0,89	

5.2 Model Greenshield

Analisis ini menggunakan pendekatan parameter makroskopik arus lalu lintas untuk menggambarkan karakteristik lalu lintas, yaitu arus, kecepatan, dan kepadatan. Hubungan antara ketiga parameter tersebut mencerminkan kondisi arus lalu lintas, di mana tingkat kepadatan berubah seiring waktu pada berbagai nilai arus.

Untuk menganalisis perubahan tingkat kepadatan, dimulai dengan mengamati hubungan antara kecepatan dan kepadatan. Hal ini disebabkan oleh grafik kecepatan-kepadatan yang menunjukkan perubahan yang lebih mudah diamati, di mana peningkatan kepadatan selalu diikuti dengan penurunan kecepatan.

Dengan melakukan regresi linier pada data sampel kecepatan rata-rata ruang dan kepadatan, kecepatan arus bebas (S_{ff}) dan kepadatan saat macet (D_j) dapat ditentukan. Dua variabel ini kemudian digunakan dalam persamaan hubungan volume untuk setiap model guna menggambarkan grafik hubungan kecepatan-kepadatan (S-D), volume-kepadatan (V-D), dan volume-kecepatan (V-S).

5.3.1 Greenshield Senin 11 Maret 2024

Tabel 5.2 Data Regresi Model Greenshields Arah 1 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Xi ²	Yi ²
	Xi.Yi	Yi	Xi		
06.30-07.30	693,6	61,13	11,35	128,75	3736,63
06.45-07.45	749	60,02	12,48	155,73	3602,40

Lanjutan Tabel 5.2 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 1 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	X_i^2	Y_i^2
	$X_i \cdot Y_i$	Y_i	X_i		
07.00-08.00	689,7	61,21	11,27	126,98	3746,17
07.15-08.30	637,1	62,26	10,23	104,72	3876,06
07.30-08.30	622,7	62,55	9,96	99,12	3912,00
07.45-08.45	584,8	63,30	9,24	85,34	4007,40
08.00-09.00	593,5	63,13	9,40	88,38	3985,40
08.15-09.15	607,2	62,86	9,66	93,32	3950,88
08.30-09.30	613,3	62,73	9,78	95,57	3935,55
08.45-09.45	633,5	62,33	10,16	103,30	3885,03
09.00-10.00	638,2	62,24	10,25	105,16	3873,32
09.15-10.15	640,1	62,20	10,29	105,91	3868,59
09.30-10.30	663,6	61,73	10,75	115,57	3810,35
09.45-10.45	681,3	61,37	11,10	123,23	3766,77
10.00-11.00	688,7	61,23	11,25	126,53	3748,62
10.15-11.15	704	60,92	11,56	133,54	3711,25
10.30-11.30	764,3	59,71	12,80	163,82	3565,76
10.45-11.45	849,6	58,01	14,65	214,51	3364,93
11.00-12.00	875,4	57,49	15,23	231,85	3305,33
11.15-12.15	871	57,58	15,13	228,82	3315,46
11.30-12.30	775,8	59,48	13,04	170,10	3538,35
11.45-12.45	696,2	61,08	11,40	129,94	3730,28
12.00-13.00	699,4	61,01	11,46	131,41	3722,46

Lanjutan Tabel 5.2 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 1 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Xi ²	Yi ²
	Xi.Yi	Yi	Xi		
12.15-13.15	739,7	60,21	12,29	150,95	3624,76
12.30-13.30	845,2	58,10	14,55	211,65	3375,15
12.45-13.45	948,4	56,03	16,93	286,49	3139,59
13.00-14.00	987,7	55,25	17,88	319,63	3052,12
13.15-14.15	1123	52,54	21,37	456,86	2760,45
13.30-14.30	1216,9	50,66	24,02	576,96	2566,64
13.45-14.45	1235,3	50,29	24,56	603,27	2529,49
14.00-15.00	1303,8	48,92	26,65	710,20	2393,56
14.15-15.15	1274,1	49,52	25,73	662,03	2452,03
14.30-15.30	1230,8	50,38	24,43	596,75	2538,55
14.45-15.45	1292,4	49,15	26,29	691,37	2415,92
15.00-16.00	1435,8	46,28	31,02	962,33	2142,21
15.15-16.15	1601	42,98	37,25	1387,55	1847,28
15.30-16.30	1793,4	39,13	45,83	2100,34	1531,31
Total	32999,50	2115,01	611,22	12777,98	122328,03

Persamaan linear dari model *Greenshield* memiliki bentuk $\bar{Y} = A + B\bar{x}$, dimana A merupakan konstanta dan B merupakan koefisien regresi. Dari tabel 5.1, nilai konstanta A dan koefisien regresi B dapat dihitung sebagai berikut.

$$B = \frac{n \sum_{i=1}^n (XiYi) - \sum_{i=1}^n Xi \times \sum_{i=1}^n Yi}{n \sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2}$$

$$B = \frac{37 \times (32999,5) - (611,22 \times 2115,01)}{37 \times 12777,98 - 611,22^2}$$

$$B = -0,72$$

Setelah nilai B diperoleh, nilai A dapat ditentukan menggunakan persamaan linear *Greenshields*,

$$\bar{Y} = A + B\bar{x}$$

$$A = \bar{Y} - B\bar{x}$$

$$A = 57,16 - (-0,72) \cdot 16,52$$

$$A = 69,11$$

Setelah variabel A dan B diperoleh, nilai kecepatan arus bebas (S_{ff}) dan kepadatan macet (D_j) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$S_{ff} = A = 69,11 \text{ km/jam}$$

$$D_j = \frac{-S_{ff}}{B}$$

$$= \frac{-69,11}{-0,72}$$

$$= 95,53 \text{ smp/km}$$

Nilai S_{ff} dan D_j yang sudah didapat bisa digunakan untuk menghitung nilai volume maksimum (V_m), kepadatan optimum (D_m) dan kecepatan optimum (S_m) sebagai berikut

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} \\ &= \frac{95,53 \cdot 69,11}{4} \\ &= 1650,56 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_m &= \frac{S_{ff}}{2} \\ &= \frac{69,11}{2} \\ &= 26,19 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$D_m = \frac{D_j}{2}$$

$$= \frac{118,64}{2}$$

$$= 59,32 \text{ smp/km}$$

Nilai Sff dan Dj ini kemudian dapat diterapkan dalam persamaan linear *Greenshields* untuk menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan (S-D), volume dan kepadatan (V-D), serta volume dan kecepatan (V-S).

Tabel 5.3 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 2 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Xi ²	Yi ²
	Xi.Yi	Yi	Xi		
06.30-07.30	1749,7	35,01	49,98	2498,29	1225,42
06.45-07.45	1825,6	33,49	54,52	2971,89	1121,45
07.00-08.00	1776,6	34,47	51,54	2656,73	1188,04
07.15-08.30	1656,5	36,87	44,93	2018,54	1359,40
07.30-08.30	1525,9	39,48	38,65	1493,67	1558,83
07.45-08.45	1316,9	43,66	30,16	909,70	1906,37
08.00-09.00	1119,4	47,61	23,51	552,76	2266,90
08.15-09.15	1049,9	49,00	21,43	459,06	2401,20
08.30-09.30	974,2	50,52	19,28	371,91	2551,87
08.45-09.45	894,3	52,11	17,16	294,48	2715,87
09.00-10.00	922,7	51,55	17,90	320,43	2656,99
09.15-10.15	898,8	52,02	17,28	298,48	2706,50
09.30-10.30	861,2	52,78	16,32	266,28	2785,31

Lanjutan Tabel 5.3 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 2 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Xi ²	Yi ²
	Xi.Yi	Yi	Xi		
09.45-10.45	861,8	52,76	16,33	266,77	2784,04
10.00-11.00	872,1	52,56	16,59	275,33	2762,34
10.15-11.15	863,2	52,74	16,37	267,92	2781,09
10.30-11.30	856,1	52,88	16,19	262,12	2796,08
10.45-11.45	867,2	52,66	16,47	271,23	2772,65
11.00-12.00	825	53,50	15,42	237,79	2862,25
11.15-12.15	778	54,44	14,29	204,23	2963,71
11.30-12.30	771,4	54,57	14,14	199,81	2978,10
11.45-12.45	737,5	55,25	13,35	178,18	3052,56
12.00-13.00	747,6	55,05	13,58	184,44	3030,28
12.15-13.15	789,8	54,20	14,57	212,31	2938,07
12.30-13.30	833,5	53,33	15,63	244,27	2844,09
12.45-13.45	854,3	52,91	16,15	260,66	2799,89
13.00-14.00	894,4	52,11	17,16	294,57	2715,66
13.15-14.15	927,7	51,45	18,03	325,17	2646,69
13.30-14.30	907,3	51,85	17,50	306,15	2688,84
13.45-14.45	932	51,36	18,15	329,29	2637,85
14.00-15.00	887,9	52,24	17,00	288,86	2729,23
14.15-15.15	862,5	52,75	16,35	267,35	2782,56
14.30-15.30	914,3	51,71	17,68	312,58	2674,34

Lanjutan Tabel 5.3 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 2 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Xi ²	Yi ²
	Xi.Yi	Yi	Xi		
14.45-15.45	897,8	52,04	17,25	297,59	2708,58
15.00-16.00	847,2	53,06	15,97	254,98	2814,94
15.15-16.15	818,2	53,64	15,25	232,71	2876,82
15.30-16.30	763,1	54,74	13,94	194,35	2996,25
Total	36881,60	1852,37	786,01	21280,88	94081,05

Dari Tabel 5.3, nilai konstanta A dan koefisien regresi B dapat dihitung sebagai berikut.

$$B = \frac{n \sum_{i=1}^n (XiYi) - \sum_{i=1}^n Xi \times \sum_{i=1}^n Yi}{n \sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2}$$

$$B = \frac{37 \times (36881,6) - (786,01 \times 1852,37)}{37 \times 21280,88 - 786,01^2}$$

$$B = -0,54$$

Setelah nilai B diperoleh, nilai A dapat ditentukan menggunakan persamaan linear *Greenshields*,

$$\bar{Y} = A + B\bar{x}$$

$$A = \bar{Y} - B\bar{x}$$

$$A = 50,06 - (-0,54) \cdot 21,24$$

$$A = 61,51$$

Setelah variabel A dan B diperoleh, nilai kecepatan arus bebas (*Sff*) dan kepadatan macet (*Dj*) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Sff = A = 61,51 \text{ km/jam}$$

$$Dj = \frac{-Sff}{B}$$

$$= \frac{-61,51}{-0,54}$$

$$= 114,168 \text{ smp/km}$$

Nilai Sff dan Dj yang sudah didapat bisa digunakan untuk menghitung nilai volume maksimum (Vm), kepadatan optimum (Dm) dan kecepatan optimum (Sm) sebagai berikut

$$Vm = \frac{Dj \cdot Sff}{4}$$

$$= \frac{114,168 \cdot 61,51}{4}$$

$$= 1755,59 \text{ smp/jam}$$

$$Sm = \frac{Sff}{2}$$

$$= \frac{61,51}{2}$$

$$= 03,75 \text{ km/jam}$$

$$Dm = \frac{Dj}{2}$$

$$= \frac{114,17}{2}$$

$$= 57,08 \text{ smp/km}$$

Nilai Sff dan Dj ini kemudian dapat diterapkan dalam persamaan linear *Greenshields* untuk menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan (S-D), volume dan kepadatan (V-D), serta volume dan kecepatan (V-S). Hasil perhitungan dari model *Greenshields* hari Senin disajikan pada tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Hasil Analisis Model *Greenshield* Senin 11 Maret 2024

Nilai Variabel	Arah 1	Arah 2
A	69,11	61,51
B	-0,72	-0,54
Dj (smp/km)	95,53	114,17
Dm (smp/km)	47,76	57,08
Vm (smp/jam)	1650,56	1755,59

Lanjutan Tabel 5.4 Hasil Analisis Model *Greenshield* Senin 11 Maret 2024

Nilai Variabel	Arah 1	Arah 2
Dm (smp/km)	47,76	57,08
Vm (smp/jam)	1650,56	1755,59
Sm (km/jam)	34,56	30,75
Sff (km/jam)	69,11	61,51
S-D	$S = 69,11 - 69,11/95,53.D$	$S = 61,51 - 61,51/114,17.D$
V-D	$V = 69,11.D - 69,11/95,53.D^2$	$S = 61,51.D - 61,51/114,17.D^2$
V-S	$V = 95,53 S - 95,53/69,11S^2$	$V = 114,17 S - 114,17/61,51S^2$

5.3.2 *Greenshield* Kamis 14 Maret 2024

Tabel 5.5 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 1 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Xi ²	Yi ²
	Xi.Yi	Yi	Xi		
06.30-07.30	1242,60	50,15	24,78	613,98	2514,82
06.45-07.45	1014,39	54,71	18,54	343,75	2993,42
07.00-08.00	786,52	59,27	13,27	176,10	3512,89
07.15-08.30	665,42	61,69	10,79	116,34	3805,85
07.30-08.30	581,84	63,36	9,18	84,32	4014,88
07.45-08.45	527,03	64,46	8,18	66,85	4155,02
08.00-09.00	539,56	64,21	8,40	70,61	4122,77
08.15-09.15	596,53	63,07	9,46	89,46	3977,75
08.30-09.30	746,12	60,08	12,42	154,24	3609,32
08.45-09.45	777,79	59,44	13,08	171,20	3533,60
09.00-10.00	857,59	57,85	14,82	219,78	3346,40
09.15-10.15	970,33	55,59	17,45	304,65	3090,62
09.30-10.30	864,05	57,72	14,97	224,10	3331,49

**Lanjutan Tabel 5.5 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 1 Kamis 14 Maret
2024**

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	X_i^2	Y_i^2
	$X_i \cdot Y_i$	Y_i	X_i		
09.45-10.45	805,89	58,88	13,69	187,32	3467,12
10.00-11.00	769,42	59,61	12,91	166,59	3553,55
10.15-11.15	752,95	59,94	12,56	157,79	3592,93
10.30-11.30	834,97	58,30	14,32	205,12	3398,95
10.45-11.45	939,70	56,21	16,72	279,52	3159,12
11.00-12.00	1026,52	54,47	18,85	355,17	2966,93
11.15-12.15	1056,95	53,86	19,62	385,09	2901,01
11.30-12.30	1107,19	52,86	20,95	438,78	2793,78
11.45-12.45	1094,67	53,11	20,61	424,88	2820,32
12.00-13.00	1084,09	53,32	20,33	413,41	2842,82
12.15-13.15	1271,47	49,57	25,65	657,91	2457,24
12.30-13.30	1300,78	48,98	26,55	705,16	2399,48
12.45-13.45	1361,06	47,78	28,49	811,50	2282,81
13.00-14.00	1411,74	46,77	30,19	911,30	2186,99
13.15-14.15	1291,93	49,16	26,28	690,60	2416,85
13.30-14.30	1260,50	49,79	25,32	640,91	2479,05
13.45-14.45	1284,84	49,30	26,06	679,12	2430,80
14.00-15.00	1318,63	48,63	27,12	735,34	2364,62
14.15-15.15	1137,88	52,24	21,78	474,40	2729,28

Lanjutan Tabel 5.5 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 1 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Xi ²	Yi ²
	Xi.Yi	Yi	Xi		
14.45-15.45	937,81	56,24	16,67	278,02	3163,36
15.00-16.00	1063,91	53,72	19,80	392,20	2886,02
15.15-16.15	1423,22	46,54	30,58	935,35	2165,56
15.30-16.30	1795,24	39,10	45,92	2108,61	1528,44
Total	37541,71	2024,17	715,52	16038,22	111932,27

Dari Tabel 5.5, nilai konstanta A dan koefisien regresi B dapat dihitung sebagai berikut.

$$B = \frac{n \sum_{i=1}^n (XiYi) - \sum_{i=1}^n Xi \times \sum_{i=1}^n Yi}{n \sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2}$$

$$B = \frac{37 \times (37541,71) - (715,52 \times 2024,17)}{37 \times 16038,22 - 715,52^2}$$

$$B = -0,73$$

Setelah nilai B diperoleh, nilai A dapat ditentukan menggunakan persamaan linear *Greenshields*,

$$\bar{Y} = A + B\bar{x}$$

$$A = \bar{Y} - B\bar{x}$$

$$A = 54,71 - (-0,73) \cdot 19,34$$

$$A = 68,79$$

Setelah variabel A dan B diperoleh, nilai kecepatan arus bebas (*Sff*) dan kepadatan macet (*Dj*) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Sff = A = 68,79 \text{ km/jam}$$

$$Dj = \frac{-Sff}{B}$$

$$= \frac{-68,79}{-0,96}$$

$$= 94,48 \text{ smp/km}$$

Nilai Sff dan Dj yang sudah didapat bisa digunakan untuk menghitung nilai volume maksimum (Vm), kepadatan optimum (Dm) dan kecepatan optimum (Sm) sebagai berikut

$$Vm = \frac{Dj \cdot Sff}{4}$$

$$= \frac{94,48 \cdot 68,79}{4}$$

$$= 1624,75 \text{ smp/jam}$$

$$Sm = \frac{Sff}{2}$$

$$= \frac{68,79}{2}$$

$$= 34,39 \text{ km/jam}$$

$$Dm = \frac{Dj}{2}$$

$$= \frac{94,48}{2}$$

$$= 47,24 \text{ smp/km}$$

Nilai Sff dan Dj ini kemudian dapat diterapkan dalam persamaan linear *Greenshields* untuk menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan (S - D), volume dan kepadatan (V - D), serta volume dan kecepatan (V - S).

Tabel 5.6 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 2 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/jam	X_i^2	Y_i^2
	$X_i \cdot Y_i$	Y_i	X_i		
06.30-07.30	1702,6	35,948	47,36	2243,24	1292,26
06.45-07.45	1830,1	33,398	54,80	3002,68	1115,43

Lanjutan Tabel 5.6 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 2 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/jam	X_i^2	Y_i^2
	$X_i \cdot Y_i$	Y_i	X_i		
07.00-08.00	1845,5	33,09	55,77	3110,53	1094,95
07.15-08.30	1772,5	34,55	51,30	2631,94	1193,70
07.30-08.30	1660,1	36,798	45,11	2035,26	1354,09
07.45-08.45	1363,6	42,728	31,91	1018,47	1825,68
08.00-09.00	1195,1	46,098	25,93	672,12	2125,03
08.15-09.15	1155,1	46,898	24,63	606,64	2199,42
08.30-09.30	1056,7	48,866	21,62	467,62	2387,89
08.45-09.45	1039,5	49,21	21,12	446,21	2421,62
09.00-10.00	979,4	50,412	19,43	377,44	2541,37
09.15-10.15	935	51,3	18,23	332,19	2631,69
09.30-10.30	947,8	51,044	18,57	344,78	2605,49
09.45-10.45	926,1	51,478	17,99	323,65	2649,98
10.00-11.00	930,1	51,398	18,10	327,47	2641,75
10.15-11.15	927,8	51,444	18,04	325,27	2646,49
10.30-11.30	848,4	53,032	16,00	255,93	2812,39
10.45-11.45	867,9	52,642	16,49	271,82	2771,18
11.00-12.00	847,8	53,044	15,98	255,45	2813,67
11.15-12.15	796,4	54,072	14,73	216,93	2923,78
11.30-12.30	850	53	16,04	257,21	2809,00
11.45-12.45	887,5	52,25	16,99	288,51	2730,06

Lanjutan Tabel 5.6 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 2 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/jam	Xi ²	Yi ²
	Xi.Yi	Yi	Xi		
12.00-13.00	869,5	52,61	16,53	273,15	2767,81
12.15-13.15	924,5	51,51	17,95	322,13	2653,28
12.30-13.30	921,8	51,564	17,88	319,58	2658,85
12.45-13.45	886,8	52,264	16,97	287,90	2731,53
13.00-14.00	885,5	52,29	16,93	286,77	2734,24
13.15-14.15	790,9	54,182	14,60	213,08	2935,69
13.30-14.30	804,7	53,906	14,93	222,84	2905,86
13.45-14.45	799,9	54,002	14,81	219,41	2916,22
14.00-15.00	748,8	55,024	13,61	185,19	3027,64
14.15-15.15	734,3	55,314	13,28	176,23	3059,64
14.30-15.30	792,9	54,142	14,64	214,47	2931,36
14.45-15.45	834,8	53,304	15,66	245,27	2841,32
15.00-16.00	878,6	52,428	16,76	280,84	2748,70
15.15-16.15	908,6	51,828	17,53	307,34	2686,14
15.30-16.30	844,6	53,108	15,90	252,92	2820,46
Total	37991,20	1830,18	824,10	23618,48	92005,64

Dari Tabel 5.6, nilai konstanta A dan koefisien regresi B dapat dihitung sebagai berikut.

$$B = \frac{n \sum_{i=1}^n (XiYi) - \sum_{i=1}^n Xi \times \sum_{i=1}^n Yi}{n \sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2}$$

$$B = \frac{37 \times (37991,2) - (824,10 \times 1830,18)}{37 \times 23618,48 - 824,10^2}$$

$$B = -0,53$$

Setelah nilai B diperoleh, nilai A dapat ditentukan menggunakan persamaan linear *Greenshields*,

$$\bar{Y} = A + B\bar{x}$$

$$A = \bar{Y} - B\bar{x}$$

$$A = 49,46 - (-0,53) \cdot 22,27$$

$$A = 61,20$$

Setelah variabel A dan B diperoleh, nilai kecepatan arus bebas (S_{ff}) dan kepadatan macet (D_j) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$S_{ff} = A = 61,20 \text{ km/jam}$$

$$D_j = \frac{-S_{ff}}{B}$$

$$= \frac{-61,20}{-0,53}$$

$$= 116,18 \text{ smp/km}$$

Nilai S_{ff} dan D_j yang sudah didapat bisa digunakan untuk menghitung nilai volume maksimum (V_m), kepadatan optimum (D_m) dan kecepatan optimum (S_m) sebagai berikut

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} \\ &= \frac{116,18 \cdot 61,20}{4} \\ &= 1777,43 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_m &= \frac{S_{ff}}{2} \\ &= \frac{61,20}{2} \\ &= 30,59 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$D_m = \frac{D_j}{2}$$

$$= \frac{116,18}{2}$$

$$= 58,08 \text{ smp/km}$$

Nilai S_{ff} dan D_j ini kemudian dapat diterapkan dalam persamaan linear *Greenshields* untuk menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan (S-D), volume dan kepadatan (V-D), serta volume dan kecepatan (V-S). Hasil perhitungan dari model *Greenshields* hari Kamis 14 Maret 2024 disajikan pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Hasil Analisis Model *Greenshield* Kamis 14 Maret 2024

Nilai Variabel	Arah 1	Arah 2
A	68,79	61,51
B	-0,73	-0,53
D_j (smp/km)	94,48	116,18
D_m (smp/km)	47,24	58,09
V_m (smp/jam)	1624,75	1777,43
S_m (km/jam)	34,39	30,58
S_{ff} (km/jam)	68,79	61,2
S-D	$S = 68,79 - 68,79/94,48.D$	$S = 61,20 - 61,20/116,18.D$
V-D	$S = 68,79.D - 68,79/94,48.D^2$	$S = 61,20.D - 61,20/116,18.D^2$
V-S	$V = 94,48 S - 94,48/68,79.S^2$	$V = 116,18 S - 116,18/61,20.S^2$

5.3.3 *Greenshield* Sabtu 14 Maret 2024

Tabel 5.8 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	X_i^2	Y_i^2
	$X_i.Y_i$	Y_i	X_i		
06.30-07.30	950,50	55,99	16,98	288,19	3134,88
06.45-07.45	1028,30	54,43	18,89	356,86	2963,06
07.00-08.00	1017,61	54,65	18,62	346,75	2986,38
07.15-08.30	1102,44	52,95	20,82	433,47	2803,83
07.30-08.30	1060,21	53,80	19,71	388,41	2893,99
07.45-08.45	1103,92	52,92	20,86	435,12	2800,70

Lanjutan Tabel 5.8 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	X_i^2	Y_i^2
	$X_i \cdot Y_i$	Y_i	X_i		
08.00-09.00	1155,86	51,88	22,28	496,32	2691,82
08.15-09.15	1191,43	51,17	23,28	542,11	2618,51
08.30-09.30	1257,84	49,84	25,24	636,85	2484,34
08.45-09.45	1272,19	49,56	25,67	659,03	2455,82
09.00-10.00	1319,48	48,61	27,14	736,80	2362,97
09.15-10.15	1254,58	49,91	25,14	631,90	2490,85
09.30-10.30	1332,32	48,35	27,55	759,21	2338,07
09.45-10.45	1319,50	48,61	27,14	736,84	2362,92
10.00-11.00	1295,65	49,09	26,40	696,70	2409,53
10.15-11.15	1397,95	47,04	29,72	883,14	2212,86
10.30-11.30	1375,23	47,50	28,95	838,39	2255,82
10.45-11.45	1385,34	47,29	29,29	858,05	2236,65
11.00-12.00	1417,37	46,65	30,38	923,03	2176,47
11.15-12.15	1328,97	48,42	27,45	753,31	2344,55
11.30-12.30	1329,48	48,41	27,46	754,20	2343,57
11.45-12.45	1402,50	46,95	29,87	892,36	2204,30
12.00-13.00	1456,17	45,88	31,74	1007,50	2104,66
12.15-13.15	1543,57	44,13	34,98	1223,52	1947,33
12.30-13.30	1572,38	43,55	36,10	1303,43	1896,82
12.45-13.45	1596,00	43,08	37,05	1372,50	1855,89
13.00-14.00	1613,48	42,73	37,76	1425,79	1825,88
13.15-14.15	1658,56	41,83	39,65	1572,20	1749,65
13.30-14.30	1694,35	41,11	41,21	1698,42	1690,28

Lanjutan Tabel 5.8 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Xi ²	Yi ²
	Xi.Yi	Yi	Xi		
13.45-14.45	1715,13	40,70	42,14	1776,07	1656,28
14.00-15.00	1593,71	43,13	36,95	1365,66	1859,84
14.15-15.15	1507,04	44,86	33,60	1128,63	2012,34
14.30-15.30	1466,87	45,66	32,12	1031,97	2085,07
14.45-15.45	1421,52	46,57	30,52	931,75	2168,73
15.00-16.00	1517,51	44,65	33,99	1155,12	1993,60
15.15-16.15	1722,93	40,54	42,50	1806,08	1643,61
15.30-16.30	1850,00	38,00	48,68	2370,17	1444,00
Total	51227,90	1750,44	1107,85	35215,84	83505,85

Dari tabel 5.8, nilai konstanta A dan koefisien regresi B dapat dihitung sebagai berikut.

$$B = \frac{n \sum_{i=1}^n (XiYi) - \sum_{i=1}^n Xi \times \sum_{i=1}^n Yi}{n \sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2}$$

$$B = \frac{37 \times (51227,9) - (1107,85 \times 1750,44)}{37 \times 35215,84 - 1107,85^2}$$

$$B = -0,58$$

Setelah nilai B diperoleh, nilai A dapat ditentukan menggunakan persamaan linear *Greenshields*,

$$\bar{Y} = A + B\bar{x}$$

$$A = \bar{Y} - B\bar{x}$$

$$A = 47,31 - (-0,58) \cdot 29,94$$

$$A = 64,64$$

Setelah variabel A dan B diperoleh, nilai kecepatan arus bebas (*Sff*) dan kepadatan macet (*Dj*) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Sff = A = 64,64 \text{ km/jam}$$

$$\begin{aligned} Dj &= \frac{-Sff}{B} \\ &= \frac{-64,64}{-0,58} \\ &= 111,65 \text{ smp/km} \end{aligned}$$

Nilai Sff dan Dj yang sudah didapat bisa digunakan untuk menghitung nilai volume maksimum (Vm), kepadatan optimum (Dm) dan kecepatan optimum (Sm) sebagai berikut

$$\begin{aligned} Vm &= \frac{Dj \cdot Sff}{4} \\ &= \frac{111,65 \cdot 64,64}{4} \\ &= 1804,47 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sm &= \frac{Sff}{2} \\ &= \frac{64,64}{2} \\ &= 32,32 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Dm &= \frac{Dj}{2} \\ &= \frac{111,65}{2} \\ &= 55,83 \text{ smp/km} \end{aligned}$$

Nilai Sff dan Dj ini kemudian dapat diterapkan dalam persamaan linear *Greenshields* untuk menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan (S-D), volume dan kepadatan (V-D), serta volume dan kecepatan (V-S).

Tabel 5.9 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 2 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	X_i^2	Y_i^2
	$X_i \cdot Y_i$	Y_i	X_i		
06.30-07.30	1173,8	46,524	25,23	636,55	2164,48
06.45-07.45	1378,1	42,438	32,47	1054,51	1800,98
07.00-08.00	1530,1	39,398	38,84	1508,31	1552,20
07.15-08.30	1567,2	38,656	40,54	1643,67	1494,29
07.30-08.30	1462,6	40,748	35,89	1288,36	1660,40
07.45-08.45	1261,7	44,766	28,18	794,36	2003,99
08.00-09.00	1054,7	48,906	21,57	465,09	2391,80
08.15-09.15	987,5	50,25	19,65	386,19	2525,06
08.30-09.30	925,8	51,484	17,98	323,36	2650,60
08.45-09.45	903,5	51,93	17,40	302,71	2696,72
09.00-10.00	889,3	52,214	17,03	290,08	2726,30
09.15-10.15	852,3	52,954	16,10	259,05	2804,13
09.30-10.30	873,2	52,536	16,62	276,26	2760,03
09.45-10.45	870,2	52,596	16,54	273,74	2766,34
10.00-11.00	876,6	52,468	16,71	279,13	2752,89
10.15-11.15	884,4	52,312	16,91	285,82	2736,55
10.30-11.30	848,7	53,026	16,01	256,17	2811,76
10.45-11.45	853,4	52,932	16,12	259,94	2801,80
11.00-12.00	829,1	53,418	15,52	240,90	2853,48
11.15-12.15	831,6	53,368	15,58	242,81	2848,14
11.30-12.30	859,2	52,816	16,27	264,64	2789,53

**Lanjutann Tabel 5.9 Data Regresi Model *Greenshields* Arah 2 Sabtu 16
Maret 2024**

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Xi ²	Yi ²
	Xi.Yi	Yi	Xi		
11.45-12.45	854	52,92	16,14	260,42	2800,53
12.00-13.00	862,7	52,746	16,36	267,51	2782,14
12.15-13.15	842	53,16	15,84	250,87	2825,99
12.30-13.30	770,4	54,592	14,11	199,15	2980,29
12.45-13.45	812,1	53,758	15,11	228,21	2889,92
13.00-14.00	813,8	53,724	15,15	229,46	2886,27
13.15-14.15	830,8	53,384	15,56	242,20	2849,85
13.30-14.30	914,3	51,714	17,68	312,58	2674,34
13.45-14.45	860,9	52,782	16,31	266,03	2785,94
14.00-15.00	893,7	52,126	17,14	293,95	2717,12
14.15-15.15	907,3	51,854	17,50	306,15	2688,84
14.30-15.30	919,3	51,614	17,81	317,23	2664,00
14.45-15.45	989,1	50,218	19,70	387,94	2521,85
15.00-16.00	1027,7	49,446	20,78	431,99	2444,91
15.15-16.15	1017,6	49,648	20,50	420,10	2464,92
15.30-16.30	1024,4	49,512	20,69	428,07	2451,44
Total	36053,10	1868,94	733,54	16173,52	95019,82

Dari Tabel 5.9, nilai konstanta A dan koefisien regresi B dapat dihitung sebagai berikut.

$$B = \frac{n \sum_{i=1}^n (XiYi) - \sum_{i=1}^n Xi \times \sum_{i=1}^n Yi}{n \sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2}$$

$$B = \frac{37 \times (36053,10) - (733,54 \times 1868,94)}{37 \times 16173,52 - 733,54^2}$$

$$B = -0,61$$

Setelah nilai B diperoleh, nilai A dapat ditentukan menggunakan persamaan linear *Greenshields*,

$$\bar{Y} = A + B\bar{x}$$

$$A = \bar{Y} - B\bar{x}$$

$$A = 50,51 - (-0,61) \cdot 19,83$$

$$A = 62,66$$

Setelah variabel A dan B diperoleh, nilai kecepatan arus bebas (*Sff*) dan kepadatan macet (*Dj*) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Sff = A = 62,66 \text{ km/jam}$$

$$\begin{aligned} Dj &= \frac{-Sff}{B} \\ &= \frac{-62,66}{-0,61} \\ &= 102,28 \text{ smp/km} \end{aligned}$$

Nilai *Sff* dan *Dj* yang sudah didapat bisa digunakan untuk menghitung nilai volume maksimum (*Vm*), kepadatan optimum (*Dm*) dan kecepatan optimum (*Sm*) sebagai berikut

$$\begin{aligned} Vm &= \frac{Dj \cdot Sff}{4} \\ &= \frac{102,28 \cdot 62,66}{4} \\ &= 1144,18 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sm &= \frac{Sff}{2} \\ &= \frac{62,66}{2} \\ &= 31,33 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$Dm = \frac{Dj}{2}$$

$$= \frac{102,77}{2}$$

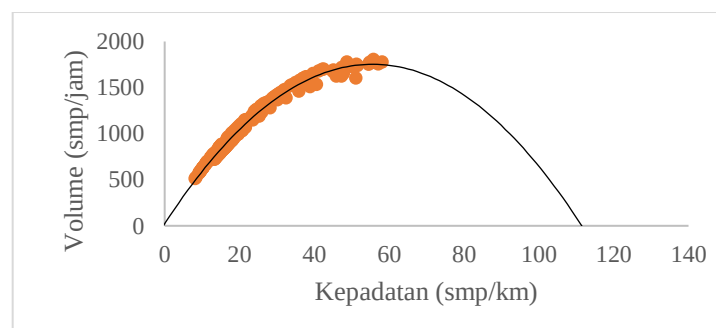
$$= 51,14 \text{ smp/km}$$

Nilai S_{ff} dan D_j ini kemudian dapat diterapkan dalam persamaan linear *Greenshields* untuk menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kepadatan (S-D), volume dan kepadatan (V-D), serta volume dan kecepatan (V-S). Hasil perhitungan dari model *Greenshields* disajikan pada Tabel 5.10 berikut.

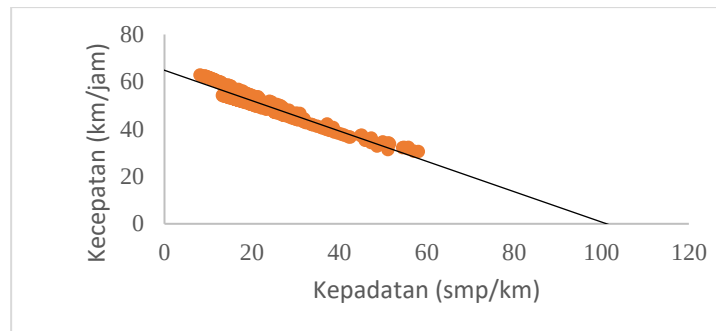
Tabel 5.10 Hasil Analisis Model *Greenshield* Sabtu 16 Maret 2024

Nilai Variabel	Arah 1	Arah 2
A	64,64	62,66
B	-0,58	-0,61
D_j (smp/km)	111,65	102,28
D_m (smp/km)	55,83	51,14
V_m (smp/jam)	1804,47	1602,09
S_m (km/jam)	32,32	31,33
S_{ff} (km/jam)	64,64	62,66
S-D	$S = 64,64 - 64,64/111,65.D$	$S = 62,66 - 62,66/102,28.D$
V-D	$S = 64,64.D - 64,64/111,65.D^2$	$S = 62,66.D - 62,66/102,28.D^2$
V-S	$V = 111,65 S - 111,65/64,64.S^2$	$V = 102,28 S - 102,28/62,66.S^2$

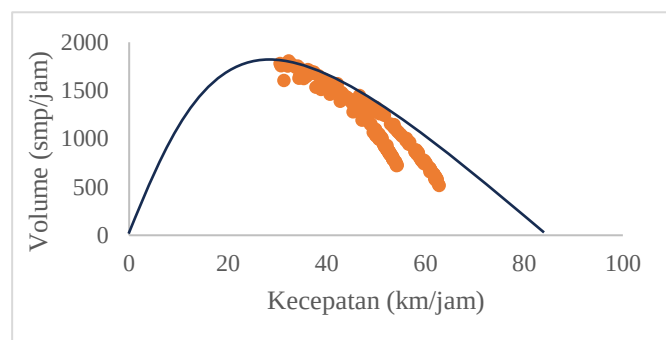
Dengan menggunakan persamaan linear yang di dapat dari hasil analisis model *Greenshield*, maka didapatkan grafik hubungan antara kecepatan dan kepadatan (S-D), volume dan kepadatan (V-D), serta volume dan kecepatan (V-S) pada Tabel 5.1 sampai dengan Tabel 5.3 Berikut.



Gambar 5.1 Model *Greenshield* Hubungan Volume-Kepadatan



Gambar 5.2 Model *Greenshield* Hubungan Kecepatan-Kepadatan



Gambar 5.3 Model *Greenshiel* Hubungan Volume-Kecepatan *d*

5.3 Model *Greenberg*

Greenberg berasumsi bahwa hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan merupakan fungsi logaritmik dengan persamaan dasar sebagai berikut.

$$S = S_m \cdot \ln \left(\frac{D_j}{D} \right)$$

Pada model *Greenshields*, persamaan dasarnya sudah berbentuk linier. Namun, untuk model *Greenberg*, persamaan dasarnya perlu dimodifikasi menjadi bentuk linier agar analisis regresi dapat dilakukan sehingga persamaannya menjadi berikut.

$$S = S_m \ln D_j - S_m \ln D$$

Dimana $Y = S$; $X = \ln D$; $A = S_m \cdot \ln D_j$; $b = S_m$

Dibawah ini merupakan data regresi model *Greenberg*.

5.4.1 *Greenberg* Senin 11 Maret 2024**Tabel 5.11 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 1 Senin 11 Maret 2024**

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
06.30-07.30	693,60	61,13	11,35	2,43
06.45-07.45	749,00	60,02	12,48	2,52
07.00-08.00	689,70	61,21	11,27	2,42
07.15-08.30	637,10	62,26	10,23	2,33
07.30-08.30	622,70	62,55	9,96	2,30
07.45-08.45	584,80	63,30	9,24	2,22
08.00-09.00	593,50	63,13	9,40	2,24
08.15-09.15	607,20	62,86	9,66	2,27
08.30-09.30	613,30	62,73	9,78	2,28
08.45-09.45	633,50	62,33	10,16	2,32
09.00-10.00	638,20	62,24	10,25	2,33
09.15-10.15	640,10	62,20	10,29	2,33
09.30-10.30	663,60	61,73	10,75	2,37
09.45-10.45	681,30	61,37	11,10	2,41
10.00-11.00	688,70	61,23	11,25	2,42
10.15-11.15	704,00	60,92	11,56	2,45
10.30-11.30	764,30	59,71	12,80	2,55
10.45-11.45	849,60	58,01	14,65	2,68
11.00-12.00	875,40	57,49	15,23	2,72
11.15-12.15	871,00	57,58	15,13	2,72
11.30-12.30	775,80	59,48	13,04	2,57

Lanjutan Tabel 5.11 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 1 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
11.45-12.45	696,20	61,08	11,40	2,43
12.00-13.00	699,40	61,01	11,46	2,44
12.15-13.15	739,70	60,21	12,29	2,51
12.30-13.30	845,20	58,10	14,55	2,68
12.45-13.45	948,40	56,03	16,93	2,83
13.00-14.00	987,70	55,25	17,88	2,88
13.15-14.15	1123,00	52,54	21,37	3,06
13.30-14.30	1216,90	50,66	24,02	3,18
13.45-14.45	1235,30	50,29	24,56	3,20
14.00-15.00	1303,80	48,92	26,65	3,28
14.15-15.15	1274,10	49,52	25,73	3,25
14.30-15.30	1230,80	50,38	24,43	3,20
14.45-15.45	1292,40	49,15	26,29	3,27
15.00-16.00	1435,80	46,28	31,02	3,43
15.15-16.15	1601,00	42,98	37,25	3,62
15.30-16.30	1793,40	39,13	45,83	3,82
Total	32999,50	2115,01	611,22	99,97

Nilai konstanta A dan nilai regresi B diperoleh dari Tabel 5.11 di atas, dimana nilai konstanta A adalah 96,26 dan nilai regresi B adalah -14,47. Setelah nilai A dan B diketahui, kecepatan optimum (S_m) dan kepadatan macet (D_j) dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$S_m = -B$$

$$= 14,47$$

$$A = S_m \cdot \ln(D_j)$$

$$\begin{aligned}
 D_j &= e^{\frac{A}{S_m}} \\
 &= e^{\frac{96,26}{14,47}} \\
 &= 774,26 \text{ smp/km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_m &= \frac{D_j}{e} \\
 &= \frac{774,26}{2,72} \\
 &= 284,83 \text{ smp/km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_m &= D_m \cdot S_m \\
 &= 795,51 \times 9,22 \\
 &= 4121,85 \text{ smp/jam}
 \end{aligned}$$

Nilai S_m dan D_j yang sudah didapat bisa digunakan dalam persamaan logaritmik *Greenberg* untuk menggambarkan hubungan S-D, V-S, V-D.

Tabel 5.12 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 2 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
06.30-07.30	1749,7	35,01	49,98	3,91
06.45-07.45	1825,6	33,488	54,52	4,00
07.00-08.00	1776,6	34,468	51,54	3,94
07.15-08.30	1656,5	36,87	44,93	3,81
07.30-08.30	1525,9	39,482	38,65	3,65
07.45-08.45	1316,9	43,662	30,16	3,41
08.00-09.00	1119,4	47,612	23,51	3,16
08.15-09.15	1049,9	49,002	21,43	3,06

**Lanjutan Tabel 5.12 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 2 Senin 11 Maret
2024**

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
08.30-09.30	974,2	50,516	19,28	2,96
08.45-09.45	894,3	52,114	17,16	2,84
09.00-10.00	922,7	51,546	17,90	2,88
09.15-10.15	898,8	52,024	17,28	2,85
09.30-10.30	861,2	52,776	16,32	2,79
09.45-10.45	861,8	52,764	16,33	2,79
10.00-11.00	872,1	52,558	16,59	2,81
10.15-11.15	863,2	52,736	16,37	2,80
10.30-11.30	856,1	52,878	16,19	2,78
10.45-11.45	867,2	52,656	16,47	2,80
11.00-12.00	825	53,5	15,42	2,74
11.15-12.15	778	54,44	14,29	2,66
11.30-12.30	771,4	54,572	14,14	2,65
11.45-12.45	737,5	55,25	13,35	2,59
12.00-13.00	747,6	55,048	13,58	2,61
12.15-13.15	789,8	54,204	14,57	2,68
12.30-13.30	833,5	53,33	15,63	2,75
12.45-13.45	854,3	52,914	16,15	2,78
13.00-14.00	894,4	52,112	17,16	2,84
13.15-14.15	927,7	51,446	18,03	2,89
13.30-14.30	907,3	51,854	17,50	2,86
13.45-14.45	932	51,36	18,15	2,90
14.00-15.00	887,9	52,242	17,00	2,83
14.15-15.15	862,5	52,75	16,35	2,79

Lanjutan Tabel 5.12 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 2 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
14.30-15.30	914,3	51,714	17,68	2,87
14.45-15.45	897,8	52,044	17,25	2,85
15.00-16.00	847,2	53,056	15,97	2,77
15.15-16.15	818,2	53,636	15,25	2,72
15.30-16.30	763,1	54,738	13,94	2,63
Total	36881,60	1852,37	786,01	109,68

Nilai konstanta A dan nilai regresi B diperoleh dari Tabel 5.12 di atas, Dimana nilai konstanta A adalah 96,21 dan nilai regresi B adalah -15,57. Setelah nilai A dan B diketahui, kecepatan optimum (S_m) dan kepadatan macet (D_j) dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$S_m = -B$$

$$= 15,57$$

$$A = S_m \cdot \ln(D_j)$$

$$D_j = e^{\frac{A}{S_m}}$$

$$= e^{\frac{96,21}{15,57}}$$

$$= 483,02 \text{ smp/km}$$

$$D_m = \frac{D_j}{e}$$

$$= \frac{483,02}{2,72}$$

$$= 177,69 \text{ smp/km}$$

$$V_m = D_m \cdot S_m$$

$$= 177,69 \times 15,57$$

$$= 2766,38 \text{ smp/jam}$$

Nilai Sm dan Dj yang sudah didapat bisa digunakan dalam persamaan logaritmik *Greenberg* untuk menggambarkan hubungan S-D, V-S, V-D. Hasil dari perhitungan model *Greenberg* untuk hari Senin 11 Maret 2024 dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Hasil Analisis Model *Greenberg* Senin 11 Maret 2024

Nilai Variabel	Arah 1	Arah 2
A	96,26	96,21
B	-14,47	-15,57
Dj (smp/km)	774,26	483,02
Dm (smp/km)	284,84	177,69
Vm (smp/jam)	4121,85	2766,38
Sm (km/jam)	14,47	15,57
S-D	$S = 14,47.Ln - 774,26/D$	$S = 15,57.Ln - 15,57/D$
V-D	$S = 14,47.D.Ln - 774,26/D$	$S = 15,57.D.Ln - 15,57/D$
V-S	$V = 774,26.S. e^{\frac{-s}{-14,47}}$	$V = 483,02.S. e^{\frac{-s}{-15,57}}$

5.4.2 *Greenberg* Kamis 14 Maret 2024

Tabel 5.14 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 1 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
06.30-07.30	1242,60	50,15	24,78	3,21
06.45-07.45	1014,39	54,71	18,54	2,92
07.00-08.00	786,52	59,27	13,27	2,59
07.15-08.30	665,42	61,69	10,79	2,38
07.30-08.30	581,84	63,36	9,18	2,22
07.45-08.45	527,03	64,46	8,18	2,10
08.00-09.00	539,56	64,21	8,40	2,13
08.15-09.15	596,53	63,07	9,46	2,25
08.30-09.30	746,12	60,08	12,42	2,52

**Lanjutan Tabel 5.14 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 1 Kamis 14 Maret
2024**

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
08.45-09.45	777,79	59,44	13,08	2,57
09.00-10.00	857,59	57,85	14,82	2,70
09.15-10.15	970,33	55,59	17,45	2,86
09.30-10.30	864,05	57,72	14,97	2,71
09.45-10.45	805,89	58,88	13,69	2,62
10.00-11.00	769,42	59,61	12,91	2,56
10.15-11.15	752,95	59,94	12,56	2,53
10.30-11.30	834,97	58,30	14,32	2,66
10.45-11.45	939,70	56,21	16,72	2,82
11.00-12.00	1026,52	54,47	18,85	2,94
11.15-12.15	1056,95	53,86	19,62	2,98
11.30-12.30	1107,19	52,86	20,95	3,04
11.45-12.45	1094,67	53,11	20,61	3,03
12.00-13.00	1084,09	53,32	20,33	3,01
12.15-13.15	1271,47	49,57	25,65	3,24
12.30-13.30	1300,78	48,98	26,55	3,28
12.45-13.45	1361,06	47,78	28,49	3,35
13.00-14.00	1411,74	46,77	30,19	3,41
13.15-14.15	1291,93	49,16	26,28	3,27
13.30-14.30	1260,50	49,79	25,32	3,23
13.45-14.45	1284,84	49,30	26,06	3,26
14.00-15.00	1318,63	48,63	27,12	3,30
14.15-15.15	1137,88	52,24	21,78	3,08
14.30-15.30	1040,57	54,19	19,20	2,96

Lanjutan Tabel 5.14 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 1 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
14.45-15.45	937,81	56,24	16,67	2,81
15.00-16.00	1063,91	53,72	19,80	2,99
15.15-16.15	1423,22	46,54	30,58	3,42
15.30-16.30	1795,24	39,10	45,92	3,83
Total	37541,71	2024,17	715,52	106,74

Nilai konstanta A dan nilai regresi B diperoleh dari Tabel 5.14 di atas, Dimana nilai konstanta A adalah 95,85 dan nilai regresi B adalah -14,26. Setelah nilai A dan B diketahui, kecepatan optimum (S_m) dan kepadatan macet (D_j) dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$S_m = -B$$

$$= 14,26 \text{ km/jam}$$

$$A = S_m \cdot \ln(D_j)$$

$$D_j = e^{\frac{A}{S_m}}$$

$$= e^{\frac{95,85}{14,26}}$$

$$= 829,501 \text{ smp/km}$$

$$D_m = \frac{D_j}{e}$$

$$= \frac{829,501}{2,72}$$

$$= 305,16 \text{ smp/km}$$

$$V_m = D_m \cdot S_m$$

$$= 305,16 \times 14,26$$

$$= 4352,08 \text{ smp/jam}$$

Nilai S_m dan D_j yang sudah didapat bisa digunakan dalam persamaan logaritmik *Greenberg* untuk menggambarkan hubungan S-D, V-S, V-D.

Tabel 5.15 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 2 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
06.30-07.30	1702,60	35,95	47,36	3,86
06.45-07.45	1830,10	33,40	54,80	4,00
07.00-08.00	1845,50	33,09	55,77	4,02
07.15-08.30	1772,50	34,55	51,30	3,94
07.30-08.30	1660,10	36,80	45,11	3,81
07.45-08.45	1363,60	42,73	31,91	3,46
08.00-09.00	1195,10	46,10	25,93	3,26
08.15-09.15	1155,10	46,90	24,63	3,20
08.30-09.30	1056,70	48,87	21,62	3,07
08.45-09.45	1039,50	49,21	21,12	3,05
09.00-10.00	979,40	50,41	19,43	2,97
09.15-10.15	935,00	51,30	18,23	2,90
09.30-10.30	947,80	51,04	18,57	2,92
09.45-10.45	926,10	51,48	17,99	2,89
10.00-11.00	930,10	51,40	18,10	2,90
10.15-11.15	927,80	51,44	18,04	2,89
10.30-11.30	848,40	53,03	16,00	2,77
10.45-11.45	867,90	52,64	16,49	2,80
11.00-12.00	847,80	53,04	15,98	2,77
11.15-12.15	796,40	54,07	14,73	2,69
11.30-12.30	850,00	53,00	16,04	2,77

Lanjutan Tabel 5.15 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 2 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
11.45-12.45	887,50	52,25	16,99	2,83
12.00-13.00	869,50	52,61	16,53	2,81
12.15-13.15	924,50	51,51	17,95	2,89
12.30-13.30	921,80	51,56	17,88	2,88
12.45-13.45	886,80	52,26	16,97	2,83
13.00-14.00	885,50	52,29	16,93	2,83
13.15-14.15	790,90	54,18	14,60	2,68
13.30-14.30	804,70	53,91	14,93	2,70
13.45-14.45	799,90	54,00	14,81	2,70
14.00-15.00	748,80	55,02	13,61	2,61
14.15-15.15	734,30	55,31	13,28	2,59
14.30-15.30	792,90	54,14	14,64	2,68
14.45-15.45	834,80	53,30	15,66	2,75
15.00-16.00	878,60	52,43	16,76	2,82
15.15-16.15	908,60	51,83	17,53	2,86
15.30-16.30	844,60	53,11	15,90	2,77
Total	37991,20	1830,18	824,10	111,19

Nilai konstanta A dan nilai regresi B diperoleh dari tabel 5.15 di atas, Dimana nilai konstanta A adalah 96,51 dan nilai regresi B adalah -15,67. Setelah nilai A dan B diketahui, kecepatan optimum (S_m) dan kepadatan macet (D_j) dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$S_m = -B$$

$$= 15,67 \text{ km/jam}$$

$$A = S_m \cdot \ln(D_j)$$

$$D_j = e^{\frac{A}{S_m}}$$

$$= e^{\frac{96,51}{15,67}}$$

$$= 475,61 \text{ smp/km}$$

$$D_m = \frac{D_j}{e}$$

$$= \frac{475,61}{2,72}$$

$$= 174,97 \text{ smp/km}$$

$$V_m = D_m \cdot S_m$$

$$= 174,97 \times 15,67$$

$$= 2739,18 \text{ smp/jam}$$

Nilai S_m dan D_j yang sudah didapat bisa digunakan dalam persamaan logaritmik *Greenberg* untuk menggambarkan hubungan S-D, V-S, V-D. Hasil dari perhitungan model *Greenberg* untuk hari Kamis 14 Maret 2024 dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Hasil Analisis Model *Greenberg* Kamis 14 Maret 2024

Nilai Variabel	Arah 1	Arah 2
A	95,85	96,51
B	-14,26	-15,67
D_j (smp/km)	829,5	475,61
D_m (smp/km)	305,16	174,97
V_m (smp/jam)	4352,02	2739,18
S_m (km/jam)	14,26	15,66
S-D	$S = 14,26 \ln - 829,5/D$	$S = 15,66 \ln - 475,61/D$
V-D	$S = 14,26 \cdot D \cdot \ln - 829,5/D$	$S = 15,66 \cdot D \cdot \ln - 475,61/D$
V-S	$V = 829,5 \cdot S \cdot e^{\frac{-S}{-14,26}}$	$V = 475,61 \cdot S \cdot e^{\frac{-S}{-15,67}}$

5.4.3 *Greenberg* Sabtu 16 Maret 2024**Tabel 5.17 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024**

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
06.30-07.30	950,50	55,99	16,98	2,83
06.45-07.45	1028,30	54,43	18,89	2,94
07.00-08.00	1017,61	54,65	18,62	2,92
07.15-08.30	1102,44	52,95	20,82	3,04
07.30-08.30	1060,21	53,80	19,71	2,98
07.45-08.45	1103,92	52,92	20,86	3,04
08.00-09.00	1155,86	51,88	22,28	3,10
08.15-09.15	1191,43	51,17	23,28	3,15
08.30-09.30	1257,84	49,84	25,24	3,23
08.45-09.45	1272,19	49,56	25,67	3,25
09.00-10.00	1319,48	48,61	27,14	3,30
09.15-10.15	1254,58	49,91	25,14	3,22
09.30-10.30	1332,32	48,35	27,55	3,32
09.45-10.45	1319,50	48,61	27,14	3,30
10.00-11.00	1295,65	49,09	26,40	3,27
10.15-11.15	1397,95	47,04	29,72	3,39
10.30-11.30	1375,23	47,50	28,95	3,37
10.45-11.45	1385,34	47,29	29,29	3,38
11.00-12.00	1417,37	46,65	30,38	3,41
11.15-12.15	1328,97	48,42	27,45	3,31
11.30-12.30	1329,48	48,41	27,46	3,31
11.45-12.45	1402,50	46,95	29,87	3,40
12.00-13.00	1456,17	45,88	31,74	3,46

Lanjutan Tabel 5.71 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
12.15-13.15	1543,57	44,13	34,98	3,55
12.30-13.30	1572,38	43,55	36,10	3,59
12.45-13.45	1596,00	43,08	37,05	3,61
13.00-14.00	1613,48	42,73	37,76	3,63
13.15-14.15	1658,56	41,83	39,65	3,68
13.30-14.30	1694,35	41,11	41,21	3,72
13.45-14.45	1715,13	40,70	42,14	3,74
14.00-15.00	1593,71	43,13	36,95	3,61
14.15-15.15	1507,04	44,86	33,60	3,51
14.30-15.30	1466,87	45,66	32,12	3,47
14.45-15.45	1421,52	46,57	30,52	3,42
15.00-16.00	1517,51	44,65	33,99	3,53
15.15-16.15	1722,93	40,54	42,50	3,75
15.30-16.30	1850,00	38,00	48,68	3,89
Total	51227,90	1750,44	1107,85	124,62

Nilai konstanta A dan nilai regresi B diperoleh dari Tabel 5.17 di atas, Dimana nilai konstanta A adalah 105,11 dan nilai regresi B adalah -17,16. Setelah nilai A dan B diketahui, kecepatan optimum (S_m) dan kepadatan macet (D_j) dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$S_m = -B$$

$$= 17,16 \text{ km/jam}$$

$$A = S_m \cdot \ln(D_j)$$

$$D_j = e^{\frac{A}{S_m}}$$

$$= e^{\frac{105,11}{17,16}}$$

$$= 456,98 \text{ smp/km}$$

$$D_m = \frac{D_j}{e}$$

$$= \frac{456,98}{2,72}$$

$$= 168,11 \text{ smp/km}$$

$$V_m = D_m \cdot S_m$$

$$= 168,11 \times 17,16$$

$$= 2885,16 \text{ smp/jam}$$

Nilai S_m dan D_j yang sudah didapat bisa digunakan dalam persamaan logaritmik *Greenberg* untuk menggambarkan hubungan S-D, V-S, V-D.

Tabel 5.18 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 2 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
06.30-07.30	1173,8	46,524	25,23	3,23
06.45-07.45	1378,1	42,438	32,47	3,48
07.00-08.00	1530,1	39,398	38,84	3,66
07.15-08.30	1567,2	38,656	40,54	3,70
07.30-08.30	1462,6	40,748	35,89	3,58
07.45-08.45	1261,7	44,766	28,18	3,34
08.00-09.00	1054,7	48,906	21,57	3,07
08.15-09.15	987,5	50,25	19,65	2,98
08.30-09.30	925,8	51,484	17,98	2,89
08.45-09.45	903,5	51,93	17,40	2,86
09.00-10.00	889,3	52,214	17,03	2,84

**Lanjutan Tabel 5.18 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 2 Sabtu 16 Maret
2024**

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
09.15-10.15	852,3	52,954	16,10	2,78
09.30-10.30	873,2	52,536	16,62	2,81
09.45-10.45	870,2	52,596	16,54	2,81
10.00-11.00	876,6	52,468	16,71	2,82
10.15-11.15	884,4	52,312	16,91	2,83
10.30-11.30	848,7	53,026	16,01	2,77
10.45-11.45	853,4	52,932	16,12	2,78
11.00-12.00	829,1	53,418	15,52	2,74
11.15-12.15	831,6	53,368	15,58	2,75
11.30-12.30	859,2	52,816	16,27	2,79
11.45-12.45	854	52,92	16,14	2,78
12.00-13.00	862,7	52,746	16,36	2,79
12.15-13.15	842	53,16	15,84	2,76
12.30-13.30	770,4	54,592	14,11	2,65
12.45-13.45	812,1	53,758	15,11	2,72
13.00-14.00	813,8	53,724	15,15	2,72
13.15-14.15	830,8	53,384	15,56	2,74
13.30-14.30	914,3	51,714	17,68	2,87
13.45-14.45	860,9	52,782	16,31	2,79
14.00-15.00	893,7	52,126	17,14	2,84
14.15-15.15	907,3	51,854	17,50	2,86
14.30-15.30	919,3	51,614	17,81	2,88
14.45-15.45	989,1	50,218	19,70	2,98

Lanjutan Tabel 5.18 Data Regresi Model *Greenberg* Arah 2 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Xi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
15.00-16.00	1027,7	49,446	20,78	3,03
15.15-16.15	1017,6	49,648	20,50	3,02
15.30-16.30	1024,4	49,512	20,69	3,03
Total	36053,10	1868,94	733,54	108,96

Nilai konstanta A dan nilai regresi B diperoleh dari Tabel 5.18 di atas, Dimana nilai konstanta A adalah 94,995 dan nilai regresi B adalah -15,11. Setelah nilai A dan B diketahui, kecepatan optimum (S_m) dan kepadatan macet (D_j) dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$S_m = -B$$

$$= 15,11 \text{ km/jam}$$

$$A = S_m \cdot \ln(D_j)$$

$$D_j = e^{\frac{A}{S_m}}$$

$$= e^{\frac{94,99}{15,11}}$$

$$= 538,45 \text{ smp/km}$$

$$D_m = \frac{D_j}{e}$$

$$= \frac{538,45}{2,72}$$

$$= 198,16 \text{ smp/km}$$

$$V_m = D_m \cdot S_m$$

$$= 198,16 \times 15,11$$

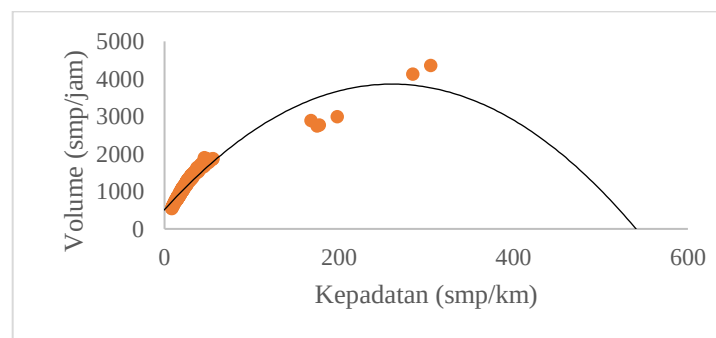
$$= 2993,14 \text{ smp/jam}$$

Nilai S_m dan D_j yang sudah didapat bisa digunakan dalam persamaan logaritmik *Greenberg* untuk menggambarkan hubungan S-D, V-S, V-D. Hasil dari perhitungan model *Greenberg* untuk hari Sabtu 16 Maret 2024 dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

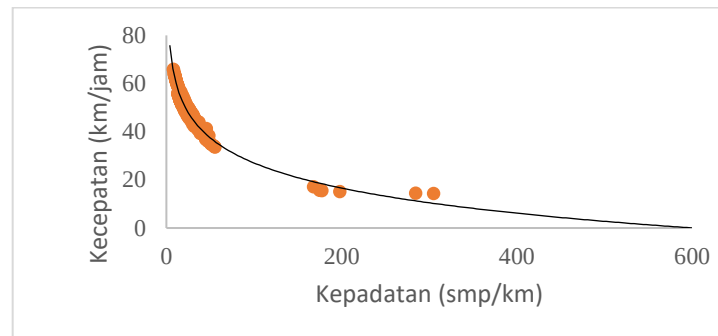
Tabel 5.19 Hasil Analisis Model *Greenberg* Sabtu 16 Maret 2024

Nilai Variabel	Arah 1	Arah 2
A	105,11	94,99
B	-17,16	-15,1
D_j (smp/km)	456,98	538,64
D_m (smp/km)	168,11	198,16
V_m (smp/jam)	2885,16	2993,14
S_m (km/jam)	17,16	15,1
S-D	$S = 17,16 \ln - 456,98/D$	$S = 15,10 \ln - 538,64/D$
V-D	$S = 17,16.D \ln - 456,98/D$	$S = 15,10.D \ln - 538,64/D$
V-S	$V = 456,98.S. e^{-\frac{S}{17,16}}$	$V = 538,64.S. e^{-\frac{S}{15,1}}$

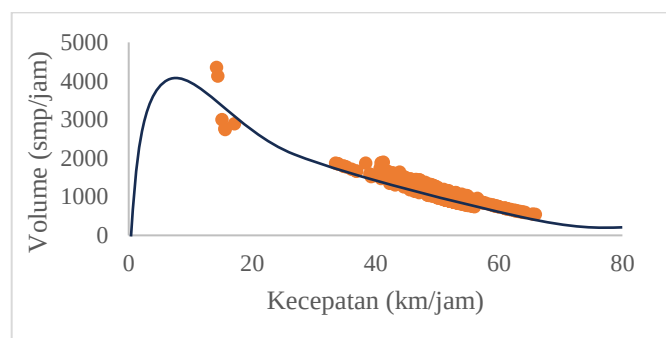
Dengan menggunakan persamaan linear yang di dapat dari hasil analisis model *Greenberg*, maka didapatkan grafik hubungan antara kecepatan dan kepadatan (S-D), volume dan kepadatan (V-D), serta volume dan kecepatan (V-S) pada Tabel 5.4 sampai dengan Tabel 5.6 Berikut.



Gambar 5.4 Model Hubungan Volume-Kepadatan *Greenberg*



Gambar 5.5 Model Hubungan Kecepatan-Kepadatan *Greenberg*



Gambar 5.6 Model Hubungan Volume-Kecepatan *Greenberg*

5.4 Model *Underwood*

Underwood berasumsi bahwa hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan merupakan fungsi eksponensial. Persamaan dasar model *Underwood* adalah sebagai berikut.

$$S = S_{ff} \cdot e^{\frac{D}{D_m}}$$

Bentuk linearnya dari persamaannya adalah

$$\ln S = \ln S_{ff} - \frac{D}{D_m}$$

Dimana $X = D$; $A = \ln S_{ff}$; $Y = \ln S$

5.5.1 *Underwood* Senin 11 Maret 2024

Tabel 5.20 Data Regresi Model *Underwood* Arah 1 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Yi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
06.30-07.30	693,6	61,13	11,35	4,11
06.45-07.45	749	60,02	12,48	4,09
07.00-08.00	689,7	61,21	11,27	4,11
07.15-08.30	637,1	62,26	10,23	4,13
07.30-08.30	622,7	62,55	9,96	4,14
07.45-08.45	584,8	63,30	9,24	4,15
08.00-09.00	593,5	63,13	9,40	4,15
08.15-09.15	607,2	62,86	9,66	4,14
08.30-09.30	613,3	62,73	9,78	4,14
08.45-09.45	633,5	62,33	10,16	4,13
09.00-10.00	638,2	62,24	10,25	4,13
09.15-10.15	640,1	62,20	10,29	4,13
09.30-10.30	663,6	61,73	10,75	4,12
09.45-10.45	681,3	61,37	11,10	4,12
10.00-11.00	688,7	61,23	11,25	4,11
10.15-11.15	704	60,92	11,56	4,11
10.30-11.30	764,3	59,71	12,80	4,09
10.45-11.45	849,6	58,01	14,65	4,06
11.00-12.00	875,4	57,49	15,23	4,05
11.15-12.15	871	57,58	15,13	4,05
11.30-12.30	775,8	59,48	13,04	4,09
11.45-12.45	696,2	61,08	11,40	4,11
12.00-13.00	699,4	61,01	11,46	4,11
12.15-13.15	739,7	60,21	12,29	4,10
12.30-13.30	845,2	58,10	14,55	4,06

Lanjutan Tabel 5.20 Data Regresi Model *Underwood* Arah 1 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Yi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
12.45-13.45	948,4	56,03	16,93	4,03
13.00-14.00	987,7	55,25	17,88	4,01
13.15-14.15	1123	52,54	21,37	3,96
13.30-14.30	1216,9	50,66	24,02	3,93
13.45-14.45	1235,3	50,29	24,56	3,92
14.00-15.00	1303,8	48,92	26,65	3,89
14.15-15.15	1274,1	49,52	25,73	3,90
14.30-15.30	1230,8	50,38	24,43	3,92
14.45-15.45	1292,4	49,15	26,29	3,89
15.00-16.00	1435,8	46,28	31,02	3,83
15.15-16.15	1601	42,98	37,25	3,76
15.30-16.30	1793,4	39,13	45,83	3,67
Total	32999,50	2115,01	611,22	149,46

Nilai konstanta A dan nilai regresi B diperoleh dari Tabel 5.20 di atas, Dimana nilai konstanta A adalah 4,27 dan nilai regresi B adalah -0,014. Setelah nilai A dan B diketahui, kecepatan arus bebas (S_{ff}) dan kepadatan optimum (D_m) dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned}
 S_{ff} &= e^A \\
 &= e^{4,27} \\
 &= 71,33 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_m &= \frac{-1}{B} \\
 &= \frac{-1}{-0,014} \\
 &= 72,47 \text{ smp/km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_m &= \frac{Dm \cdot Sff}{e} \\
 &= \frac{72,47 \cdot 71,33}{2,72} \\
 &= 1901,61 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

Nilai Sff dan Dm yang sudah didapat bisa digunakan dalam persamaan eksponensial *Underwood* untuk menggambarkan hubungan S-D, V-S, V-D

Tabel 5.21 Data Regresi Model *Underwood* Arah 2 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Yi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
06.30-07.30	1749,7	35,01	49,98	3,56
06.45-07.45	1825,6	33,49	54,52	3,51
07.00-08.00	1776,6	34,47	51,54	3,54
07.15-08.30	1656,5	36,87	44,93	3,61
07.30-08.30	1525,9	39,48	38,65	3,68
07.45-08.45	1316,9	43,66	30,16	3,78
08.00-09.00	1119,4	47,61	23,51	3,86
08.15-09.15	1049,9	49,00	21,43	3,89
08.30-09.30	974,2	50,52	19,28	3,92
08.45-09.45	894,3	52,11	17,16	3,95
09.00-10.00	922,7	51,55	17,90	3,94
09.15-10.15	898,8	52,02	17,28	3,95
09.30-10.30	861,2	52,78	16,32	3,97
09.45-10.45	861,8	52,76	16,33	3,97
10.00-11.00	872,1	52,56	16,59	3,96
10.15-11.15	863,2	52,74	16,37	3,97

**Lanjutan Tabel 5.22 Data Regresi Model *Underwood* Arah 2 Senin 11 Maret
2024**

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Yi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
10.15-11.15	863,2	52,74	16,37	3,97
10.30-11.30	856,1	52,88	16,19	3,97
10.45-11.45	867,2	52,66	16,47	3,96
11.00-12.00	825	53,50	15,42	3,98
11.15-12.15	778	54,44	14,29	4,00
11.30-12.30	771,4	54,57	14,14	4,00
11.45-12.45	737,5	55,25	13,35	4,01
12.00-13.00	747,6	55,05	13,58	4,01
12.15-13.15	789,8	54,20	14,57	3,99
12.30-13.30	833,5	53,33	15,63	3,98
12.45-13.45	854,3	52,91	16,15	3,97
13.00-14.00	894,4	52,11	17,16	3,95
13.15-14.15	927,7	51,45	18,03	3,94
13.30-14.30	907,3	51,85	17,50	3,95
13.45-14.45	932	51,36	18,15	3,94
14.00-15.00	887,9	52,24	17,00	3,96
14.15-15.15	862,5	52,75	16,35	3,97
14.30-15.30	914,3	51,71	17,68	3,95
14.45-15.45	897,8	52,04	17,25	3,95
15.00-16.00	847,2	53,06	15,97	3,97
15.15-16.15	818,2	53,64	15,25	3,98
15.30-16.30	763,1	54,74	13,94	4,00
Total	32999,50	2115,01	611,22	149,46

Nilai konstanta A dan nilai regresi B diperoleh dari Tabel 5.22 di atas, Dimana nilai konstanta A adalah 4,17 dan nilai regresi B adalah -0,012. Setelah nilai A dan B diketahui, kecepatan arus bebas (Sff) dan kepadatan optimum (Dm) dapat dihitung menggunakan rumus berikut

$$\begin{aligned} S_{ff} &= e^A \\ &= e^{4,17} \\ &= 64,47 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_m &= \frac{-1}{B} \\ &= \frac{-1}{-0,012} \\ &= 81,22 \text{ smp/km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{D_m \cdot S_{ff}}{e} \\ &= \frac{81,22 \cdot 64,47}{2,72} \\ &= 1926,43 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Nilai Sff dan Dm yang sudah didapat bisa digunakan dalam persamaan eksponensial *Underwood* untuk menggambarkan hubungan S-D, V-S, V-D.

Tabel 5.22 Hasil Analisis Model *Underwood* Senin 11 Maret 2024

Nilai Variabel	Arah 1	Arah 2
A	4,27	4,17
B	-0,014	-0,012
Dm (smp/km)	72,47	81,22
Sff (km/jam)	71,33	64,47
Vm (smp/jam)	1901,61	1926,43
S-D	$S = 71,33 \cdot e^{\frac{-D}{72,47}}$	$S = 64,47 \cdot e^{\frac{-D}{81,22}}$
V-D	$S = 71,33 \cdot D \cdot e^{\frac{-D}{72,47}}$	$S = 64,47 \cdot D \cdot e^{\frac{-D}{81,22}}$
V-S	$V = 72,47 \cdot S \cdot \ln \frac{71,33}{S}$	$V = 81,22 \cdot S \cdot \ln \frac{64,47}{S}$

5.5.2 *Underwood* Kamis 14 Maret 2024**Tabel 5.23 Data Regresi Model *Underwood* Arah 1 Kamis 24 Maret 2024**

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Yi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
06.30-07.30	1242,60	50,15	11,35	3,91
06.45-07.45	1014,39	54,71	12,48	4,00
07.00-08.00	786,52	59,27	11,27	4,08
07.15-08.30	665,42	61,69	10,23	4,12
07.30-08.30	581,84	63,36	9,96	4,15
07.45-08.45	527,03	64,46	9,24	4,17
08.00-09.00	539,56	64,21	9,40	4,16
08.15-09.15	596,53	63,07	9,66	4,14
08.30-09.30	746,12	60,08	9,78	4,10
08.45-09.45	777,79	59,44	10,16	4,09
09.00-10.00	857,59	57,85	10,25	4,06
09.15-10.15	970,33	55,59	10,29	4,02
09.30-10.30	864,05	57,72	10,75	4,06
09.45-10.45	805,89	58,88	11,10	4,08
10.00-11.00	769,42	59,61	11,25	4,09
10.15-11.15	752,95	59,94	11,56	4,09
10.30-11.30	834,97	58,30	12,80	4,07
10.45-11.45	939,70	56,21	14,65	4,03
11.00-12.00	1026,52	54,47	15,23	4,00
11.15-12.15	1056,95	53,86	15,13	3,99
11.30-12.30	1107,19	52,86	13,04	3,97
11.45-12.45	1094,67	53,11	11,40	3,97
12.00-13.00	1084,09	53,32	11,46	3,98

Lanjutan Tabel 5.23 Data Regresi Model *Underwood* Arah 1 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Yi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
12.15-13.15	1271,47	49,57	12,29	3,90
12.30-13.30	1300,78	48,98	14,55	3,89
12.45-13.45	1361,06	47,78	16,93	3,87
13.00-14.00	1411,74	46,77	17,88	3,85
13.15-14.15	1291,93	49,16	21,37	3,90
13.30-14.30	1260,50	49,79	24,02	3,91
13.45-14.45	1284,84	49,30	24,56	3,90
14.00-15.00	1318,63	48,63	26,65	3,88
14.15-15.15	1137,88	52,24	25,73	3,96
14.30-15.30	1040,57	54,19	24,43	3,99
14.45-15.45	937,81	56,24	26,29	4,03
15.00-16.00	1063,91	53,72	31,02	3,98
15.15-16.15	1423,22	46,54	37,25	3,84
15.30-16.30	1795,24	39,10	45,83	3,67
Total	37541,71	2024,17	611,22	147,87

Nilai konstanta A dan nilai regresi B diperoleh dari Tabel 5.23 di atas, Dimana nilai konstanta A adalah 4,15 dan nilai regresi B adalah -0,0092. Setelah nilai A dan B diketahui, kecepatan arus bebas (S_{ff}) dan kepadatan optimum (D_m) dapat dihitung menggunakan rumus berikut

$$\begin{aligned}
 S_{ff} &= e^A \\
 &= e^{4,15} \\
 &= 63,33 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

$$D_m = \frac{-1}{B}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{-1}{-0,009} \\
 &= 108,69 \text{ smp/km} \\
 V_m &= \frac{D_m \cdot S_{ff}}{e} \\
 &= \frac{108,69 \cdot 63,33}{2,72} \\
 &= 2532,32 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

Nilai S_{ff} dan D_m yang sudah didapat bisa digunakan dalam persamaan eksponensial *Underwood* untuk menggambarkan hubungan S-D, V-S, V-D.

Tabel 5.24 Data Regresi Model *Underwood* Arah 2 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Y_i)
	$X_i \cdot Y_i$	Y_i	X_i	
	V	S	D	
06.30-07.30	1702,60	35,95	49,98	3,58
06.45-07.45	1830,10	33,40	54,52	3,51
07.00-08.00	1845,50	33,09	51,54	3,50
07.15-08.30	1772,50	34,55	44,93	3,54
07.30-08.30	1660,10	36,80	38,65	3,61
07.45-08.45	1363,60	42,73	30,16	3,75
08.00-09.00	1195,10	46,10	23,51	3,83
08.15-09.15	1155,10	46,90	21,43	3,85
08.30-09.30	1056,70	48,87	19,28	3,89
08.45-09.45	1039,50	49,21	17,16	3,90
09.00-10.00	979,40	50,41	17,90	3,92
09.15-10.15	935,00	51,30	17,28	3,94
09.30-10.30	947,80	51,04	16,32	3,93
09.45-10.45	926,10	51,48	16,33	3,94

Lanjutan Tabel 5.24 Data Regresi Model *Underwood* Arah 2 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Yi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
10.00-11.00	930,10	51,40	16,59	3,94
10.15-11.15	927,80	51,44	16,37	3,94
10.30-11.30	848,40	53,03	16,19	3,97
10.45-11.45	867,90	52,64	16,47	3,96
11.00-12.00	847,80	53,04	15,42	3,97
11.15-12.15	796,40	54,07	14,29	3,99
11.30-12.30	850,00	53,00	14,14	3,97
11.45-12.45	887,50	52,25	13,35	3,96
12.00-13.00	869,50	52,61	13,58	3,96
12.15-13.15	924,50	51,51	14,57	3,94
12.30-13.30	921,80	51,56	15,63	3,94
12.45-13.45	886,80	52,26	16,15	3,96
13.00-14.00	885,50	52,29	17,16	3,96
13.15-14.15	790,90	54,18	18,03	3,99
13.30-14.30	804,70	53,91	17,50	3,99
13.45-14.45	799,90	54,00	18,15	3,99
14.00-15.00	748,80	55,02	17,00	4,01
14.15-15.15	734,30	55,31	16,35	4,01
14.30-15.30	792,90	54,14	17,68	3,99
14.45-15.45	834,80	53,30	17,25	3,98
15.00-16.00	878,60	52,43	15,97	3,96
15.15-16.15	908,60	51,83	15,25	3,95
15.30-16.30	844,60	53,11	13,94	3,97
Total	37991,20	1830,18	786,01	143,99

Nilai konstanta A dan nilai regresi B diperoleh dari Tabel 5.24 di atas, Dimana nilai konstanta A adalah 4,16 dan nilai regresi B adalah -0,013. Setelah nilai A dan B diketahui, kecepatan arus bebas (S_{ff}) dan kepadatan optimum (D_m) dapat dihitung menggunakan rumus berikut

$$\begin{aligned} S_{ff} &= e^A \\ &= e^{4,16} \\ &= 64,13 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_m &= \frac{-1}{B} \\ &= \frac{-1}{-0,013} \\ &= 78,86 \text{ smp/km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{D_m \cdot S_{ff}}{e} \\ &= \frac{78,86 \cdot 64,13}{2,72} \\ &= 1860,45 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Nilai S_{ff} dan D_m yang sudah didapat bisa digunakan dalam persamaan eksponensial *Underwood* untuk menggambarkan hubungan S-D, V-S, V-D. Hasil dari perhitungan model *Underwood* untuk hari Kamis 14 Maret 2024 dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.25 Hasil Analisis Model *Underwood* Kamis 14 Maret 2024

Nilai Variabel	Arah 1	Arah 2
A	4,15	4,16
B	-0,0092	-0,013
D_m (smp/km)	108,69	78,86
S_{ff} (km/jam)	63,33	64,13
V_m (smp/jam)	2532,32	1860,45

Lanjutan Tabel 5.25 Hasil Analisis Model *Underwood* Kamis 14 Maret 2024

Nilai Variabel	Arah 1	Arah 2
S-D	$S = 63,33. e^{\frac{-D}{108,69}}$	$S = 64,13. e^{\frac{-D}{78,86}}$
V-D	$S = 63,33.D. e^{\frac{-D}{108,69}}$	$S = 64,13.D. e^{\frac{-D}{78,86}}$
V-S	$V = 108,69.S.Ln \frac{63,33}{S}$	$V = 78,86.S.Ln \frac{64,13}{S}$

5.5.3 *Underwood* Sabtu 16 Maret 2024**Tabel 5.26 Data Regresi Model *Underwood* Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024**

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Yi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
06.30-07.30	950,50	55,99	11,35	4,03
06.45-07.45	1028,30	54,43	12,48	4,00
07.00-08.00	1017,61	54,65	11,27	4,00
07.15-08.30	1102,44	52,95	10,23	3,97
07.30-08.30	1060,21	53,80	9,96	3,99
07.45-08.45	1103,92	52,92	9,24	3,97
08.00-09.00	1155,86	51,88	9,40	3,95
08.15-09.15	1191,43	51,17	9,66	3,94
08.30-09.30	1257,84	49,84	9,78	3,91
08.45-09.45	1272,19	49,56	10,16	3,90
09.00-10.00	1319,48	48,61	10,25	3,88
09.15-10.15	1254,58	49,91	10,29	3,91
09.30-10.30	1332,32	48,35	10,75	3,88
09.45-10.45	1319,50	48,61	11,10	3,88
10.00-11.00	1295,65	49,09	11,25	3,89
10.15-11.15	1397,95	47,04	11,56	3,85
10.30-11.30	1375,23	47,50	12,80	3,86
10.45-11.45	1385,34	47,29	14,65	3,86

Lanjutan Tabel 5.26 Data Regresi Model *Underwood* Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Yi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
11.00-12.00	1417,37	46,65	15,23	3,84
11.15-12.15	1328,97	48,42	15,13	3,88
11.30-12.30	1329,48	48,41	13,04	3,88
11.45-12.45	1402,50	46,95	11,40	3,85
12.00-13.00	1456,17	45,88	11,46	3,83
12.15-13.15	1543,57	44,13	12,29	3,79
12.30-13.30	1572,38	43,55	14,55	3,77
12.45-13.45	1596,00	43,08	16,93	3,76
13.00-14.00	1613,48	42,73	17,88	3,75
13.15-14.15	1658,56	41,83	21,37	3,73
13.30-14.30	1694,35	41,11	24,02	3,72
13.45-14.45	1715,13	40,70	24,56	3,71
14.00-15.00	1593,71	43,13	26,65	3,76
14.15-15.15	1507,04	44,86	25,73	3,80
14.30-15.30	1466,87	45,66	24,43	3,82
14.45-15.45	1421,52	46,57	26,29	3,84
15.00-16.00	1517,51	44,65	31,02	3,80
15.15-16.15	1722,93	40,54	37,25	3,70
15.30-16.30	1850,00	38,00	45,83	3,64
Total	51227,90	1750,44	611,22	142,54

Nilai konstanta A dan nilai regresi B diperoleh dari Tabel 5.26 di atas, Dimana nilai konstanta A adalah 3,99 dan nilai regresi B adalah -0,0083. Setelah nilai A dan B diketahui, kecepatan arus bebas (S_{ff}) dan kepadatan optimum (D_m) dapat dihitung menggunakan rumus berikut

$$\begin{aligned}
 S_{ff} &= e^A \\
 &= e^{3,99} \\
 &= 54 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_m &= \frac{-1}{B} \\
 &= \frac{-1}{-0,008} \\
 &= 120,95 \text{ smp/km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_m &= \frac{D_m \cdot S_{ff}}{e} \\
 &= \frac{120,95 \cdot 54}{2,72} \\
 &= 2402,88 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

Nilai S_{ff} dan D_m yang sudah didapat bisa digunakan dalam persamaan eksponensial *Underwood* untuk menggambarkan hubungan S-D, V-S, V-D.

Tabel 5.27 Data Regresi Model *Underwood* Arah 2 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Yi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
06.30-07.30	1173,80	46,52	49,98	3,84
06.45-07.45	1378,10	42,44	54,52	3,75
07.00-08.00	1530,10	39,40	51,54	3,67
07.15-08.30	1567,20	38,66	44,93	3,65
07.30-08.30	1462,60	40,75	38,65	3,71
07.45-08.45	1261,70	44,77	30,16	3,80
08.00-09.00	1054,70	48,91	23,51	3,89
08.15-09.15	987,50	50,25	21,43	3,92
08.30-09.30	925,80	51,48	19,28	3,94

Lanjutan Tabel 5.27 Data Regresi Model *Underwood* Arah 2 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Yi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
08.45-09.45	903,50	51,93	17,16	3,95
09.00-10.00	889,30	52,21	17,90	3,96
09.15-10.15	852,30	52,95	17,28	3,97
09.30-10.30	873,20	52,54	16,32	3,96
09.45-10.45	870,20	52,60	16,33	3,96
10.00-11.00	876,60	52,47	16,59	3,96
10.15-11.15	884,40	52,31	16,37	3,96
10.30-11.30	848,70	53,03	16,19	3,97
10.45-11.45	853,40	52,93	16,47	3,97
11.00-12.00	829,10	53,42	15,42	3,98
11.15-12.15	831,60	53,37	14,29	3,98
11.30-12.30	859,20	52,82	14,14	3,97
11.45-12.45	854,00	52,92	13,35	3,97
12.00-13.00	862,70	52,75	13,58	3,97
12.15-13.15	842,00	53,16	14,57	3,97
12.30-13.30	770,40	54,59	15,63	4,00
12.45-13.45	812,10	53,76	16,15	3,98
13.00-14.00	813,80	53,72	17,16	3,98
13.15-14.15	830,80	53,38	18,03	3,98
13.30-14.30	914,30	51,71	17,50	3,95
13.45-14.45	860,90	52,78	18,15	3,97
14.00-15.00	893,70	52,13	17,00	3,95
14.15-15.15	907,30	51,85	16,35	3,95

Lanjutan Tabel 5.27 Data Regresi Model *Underwood* Arah 2 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/km	Ln(Yi)
	Xi.Yi	Yi	Xi	
	V	S	D	
14.30-15.30	919,30	51,61	17,68	3,94
14.45-15.45	989,10	50,22	17,25	3,92
15.00-16.00	1027,70	49,45	15,97	3,90
15.15-16.15	1017,60	49,65	15,25	3,90
15.30-16.30	1024,40	49,51	13,94	3,90
Total	36053,10	1868,94	786,01	144,99

Nilai konstanta A dan nilai regresi B diperoleh dari tabel 5.27 di atas, Dimana nilai konstanta A adalah 4,07 dan nilai regresi B adalah -0,007. Setelah nilai A dan B diketahui, kecepatan arus bebas (S_{ff}) dan kepadatan optimum (D_m) dapat dihitung menggunakan rumus berikut

$$\begin{aligned}
 S_{ff} &= e^A \\
 &= e^{4,07} \\
 &= 58,37 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_m &= \frac{-1}{B} \\
 &= \frac{-1}{-0,007} \\
 &= 143,24 \text{ smp/km}
 \end{aligned}$$

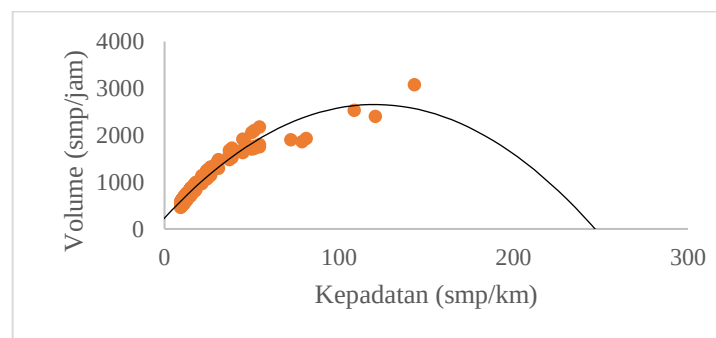
$$\begin{aligned}
 V_m &= \frac{D_m \cdot S_{ff}}{e} \\
 &= \frac{143,24 \cdot 58,37}{2,72} \\
 &= 3076,11 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

Nilai S_{ff} dan D_m yang sudah didapat bisa digunakan dalam persamaan eksponensial *Underwood* untuk menggambarkan hubungan S-D, V-S, V-D. Hasil dari perhitungan model *Underwood* untuk hari Sabtu 16 Maret 2024 dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

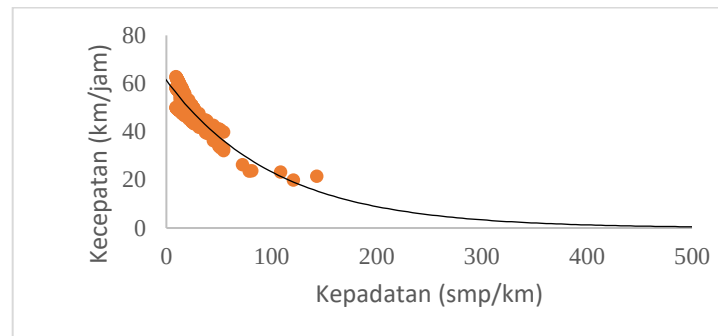
Tabel 5.28 Hasil Analisis Model *Underwood* Sabtu 16 Maret 2024

Nilai Variabel	Arah 1	Arah 2
A	3,99	4,07
B	-0,0083	-0,00698
D_m (smp/km)	120,95	143,24
S_{ff} (km/jam)	54	58,37
V_m (smp/jam)	2402,88	3076,11
S-D	$S = 54. e^{\frac{-D}{120,95}}$	$S = 58,37. e^{\frac{-D}{143,24}}$
V-D	$S = 54.D. e^{\frac{-D}{120,95}}$	$S = 58,37.D. e^{\frac{-D}{143,24}}$
V-S	$V = 120,95.S.Ln \frac{54}{S}$	$V = 143,24.S.Ln \frac{58,37}{S}$

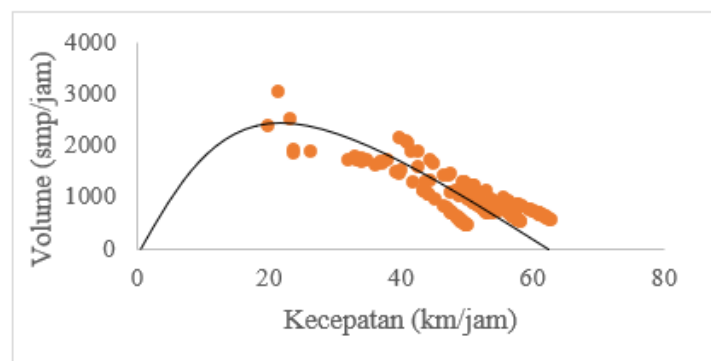
Dengan menggunakan persamaan linear yang di dapat dari hasil analisis model *Underwood*, maka didapatkan grafik hubungan antara kecepatan dan kepadatan (S-D), volume dan kepadatan (V-D), serta volume dan kecepatan (V-S) pada Tabel 5.7 sampai dengan Tabel 5.9 Berikut.



Gambar 5.7 Model Hubungan Volume-Kepadatan *Underwood*



Gambar 5.8 Model Hubungan Kecepatan-Kepadatan *Underwood*



Gambar 5.9 Model Hubungan Volume-Kecepatan *Underwood*

5.5 Perbandingan dengan MKJI 1997

MKJI 1997 memberikan pedoman yang komprehensif tentang penggunaan berbagai model untuk analisis kapasitas jalan. Model *Greenshield* sering digunakan untuk estimasi awal dan kondisi kepadatan rendah, sementara model *Greenberg* dan model *Underwood* lebih sesuai untuk analisis mendalam pada kepadatan tinggi. Perbandingan ini penting untuk menilai kesesuaian dan akurasi dari masing-masing model dalam merepresentasikan karakteristik arus lalu lintas di ruas jalan Soekarno Hatta Cilacap. Perbandingan dapat dilihat pada Tabel 5.29

Tabel 5.29 Perbandingan Model *Greenshield*, *Greenberg*, *Underwood* dengan MKJI 1997

Parameter	Model											
	Greenshield						Greenberg					
	Se1	Se2	Ka1	Ka2	Sa1	Sa2	Se1	Se2	Ka1	Ka2	Sa1	Sa2
Kecepatan Arus Bebas (Sff) km/jam	69,11	61,51	68,79	61,20	64,64	62,66	-	-	-	-	-	-
Kapasitas (C) smp/jam	1650,56	1755,59	1624,75	1777,43	1804,47	1602,10	4121,85	2766,38	4352,08	2739,18	2885,16	2993,13
	Model						MKJI					
	Underwood											
	Se1	Se2	Ka1	Ka2	Sa1	Sa2						
Kecepatan Arus Bebas (Sff) km/jam	71,33	64,47	63,33	64,13	54,00	58,37	71,87					
Kapasitas (C) smp/jam	1901,61	1926,43	2532,32	1860,45	2402,88	3076,11	1747,24					

Keterangan :

Se = Senin

Ka = Kamis

Sa = Sabtu

Dilihat dari Tabel 5.29 terlihat bahwa Model *Underwood* terutama data hari Senin 11 Maret 2024 kecepatan arus bebasnya paling mendekati dengan perhitungan kecepatan arus bebas menggunakan MKJI 1997 dimana nilai kecepatan arus bebasnya sebesar 71,33 km/jam untuk arah 1 dan 64,47 km/jam untuk arah 2 dibandingkan 71,87 km/jam berdasarkan perhitungan MKJI 1997. Untuk nilai kapasitasnya, model *Greenshield* yang paling mendekati dengan perhitungan MKJI 1997 dengan nilai sebesar 1650,56 smp/km untuk arah 1 dan 1755,59 smp/km untuk arah 2 dibandingkan dengan kapasitas berdasarkan perhitungan MKJI 1997 sebesar 1747,24 smp/km. Tetapi berdasarkan hasil analisis MKJI 1997 ketiga model tersebut tidak dapat digunakan dikarenakan datanya tidak representatif, tersebut tidak mewakili seluruh fase di dalam model.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Dari hasil penelitian didapatkan kapasitas (C) jalan Soekarno Hatta sebesar 1747,24 smp/jam per jalur dan derajat kejenuhannya (Ds) sebesar 0,69 – 1,05 dimana karakteristik arus lalu lintasnya menunjukkan kecepatan dengan kepadatan yang lemah.
2. Dilihat dari hasil analisis dan perbandingan terhadap MKJI, model *Underwood* terutama data hari Senin 11 Maret 2024 kecepatan arus bebasnya paling mendekati dengan perhitungan kecepatan arus bebas menggunakan MKJI 1997 dimana nilai kecepatan arus bebasnya sebesar 71,33 km/jam untuk arah 1 dan 64,47 km/jam untuk arah 2 dibandingkan 71,87 km/jam berdasarkan perhitungan MKJI 1997. Untuk nilai kapasitasnya, model *Greenshield* yang paling mendekati dengan perhitungan MKJI 1997 dengan nilai sebesar 1650,56 smp/km untuk arah 1 dan 1755,59 smp/km untuk arah 2 dibandingkan dengan kapasitas berdasarkan perhitungan MKJI 1997 sebesar 1747,24 smp/km. Tetapi berdasarkan hasil analisis MKJI 1997 ketiga model tersebut tidak dapat digunakan dikarenakan datanya tidak representatif, data tersebut tidak mewakili seluruh fase di dalam model.

6.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan mengenai tugas akhir ini yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu.

1. Kondisi lalu lintas dan infrastruktur dapat berubah seiring waktu. Oleh karena itu, model yang digunakan harus dievaluasi dan dikalibrasi secara berkala untuk memastikan akurasi dan relevansinya. Ini termasuk memperbarui parameter model berdasarkan data lalu lintas terbaru.

2. Berdasarkan model dan analisis yang telah dilakukan, data keadaan lalu lintas di jalan Soekarno Hatta Cilacap tidak bisa menggambarkan seluruh fase untuk model *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood*. Gunakan ruas jalan lain yang memiliki variasi data lebih banyak dan merepresentasikan seluruh fase dalam permodelan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, G. N., Priyanto, S., & Malkamah, S. (2019). Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman. *Teknisia*, 55-64
- Gamran, R., Jansen, F., & 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).
- Gautam, L., & Jain, K. (2018). Study on mixed traffic flow behavior on arterial road. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 6(11), 1-7.
- Gerlough, D. L., & Huber, M. J. (1975). *Traffic Flow Theory*. Washington, D.C.: Transportation Research Board National Research Council.
- Hossain, M. M., Huda, K. T., Hossain, M., & Muramochi, Y. (2017). Revisiting Classical Two and Three Phase Traffic Flow Theories for Pre-crash and Normal Traffic Conditions. In *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* (Vol. 11).
- Kumalawati, A., Utomo, S., Frans, J. H., & Nasjono, J. K. (2021). Hubungan Volume dan Kecepatan Lalu Lintas Terhadap Kinerja Jalan Ahmad Yani Kota Kupang. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 139-150.
- Lubis, M., Batubara, H., & Athaya, M. F. (2022). Analisa Karakteristik Arus Lalu Lintas Dengan Model Metode Greenshields Greenberg Underwood Pada Ruas Jalan Ah Nasution Medan Johor Sta 3+ 350 S/D 3+. *Jurnal Teknik Sipil (JTSIP)*, 1(2), 217-223.
- Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. (1997). Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum dan PT. Bina Karya.
- Merentek, T. G. S., Sendow, T. K., & Manoppo, M. R. (2016). Evaluasi Perhitungan Kapasitas Menurut Metode MKJI 1997 dan Metode Perhitungan Kapasitas dengan Menggunakan Analisa Perilaku Karakteristik Arus Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Antar Kota (Studi Kasus Manado-Bitung). *Jurnal Sipil Statik*, 4(3).
- Purwanto, E. (2014, May 19). Retrieved from slideshare.net: <https://www.slideshare.net/bangkitbayu/karakteristik-arus-lalu-lintas>

- Radjawane, L. E., & Palinggi, M. D. M. (2021, February). Performance road before and during pandemic COVID-19. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1088, No. 1, p. 012089). IOP Publishing.
- Rahadiyan, P. P., & Lubis, M. (2005). Study Komparasi Karakteristik Arus Lalu Lintas Model Greenshields, Greenberg, Dan Underwood Pada Ruas-Ruas Jalan Jogjakarta (Study Kasus: Jl Solo Km 13, 5 Dan Jl AM Sangaji).
- Risdiyanto. (2014). *Rekayasa dan Manajemen Lalu lintas, Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Leutikaprio.
- Saputra, B., & Savitri, D. (2021). Analisis Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu-Lintas Berdasarkan Model Greenshield, Greenberg dan Underwood. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 5(1).
- Saputra, B., & Savitri, D. (2021). Analisis Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu-Lintas Berdasarkan Model Greenshield, Greenberg dan Underwood. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 5(1).
- Sholahudin, F., & Nurmayadi, D. (2021). Analisis Karakteristik Arus Lalu Lintas Dengan Model Greenshield, Greenberg Dan Underwood Di Ruas Jalan KHZ Musthofa Kota Tasikmalaya. *Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 4(2), 77-83.
- Syah, A. I., & Susila, H. (2023). Analisis Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Solo-Purwodadi. *Journal of Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 2(1), 1-10.
- Thalib, M. T. N. (2018). Analisis Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Arus Lalu Lintas pada Ruas Jalan Prof. Dr. Hb Jassin dengan Membandingkan Metode Greenshield dan Metode Greenberg. *Radial*, 6(1), 59-68.
- Tamin. (2008). *Perencanaan, Pemodelan, dan Rekayasa Transportasi*. Bandung: ITB.
- Timpal, G. S., Sendow, T. K., & Rumayar, A. L. (2018). Analisa Kapasitas Berdasarkan Pemodelan Greenshield, Greenberg dan Underwood dan Analisa Kinerja Jalan pada Ruas Jalan Sam Ratulangi Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 6(8).
- Widari, L. A., & Yanti, R. (2019). Efektifitas Model Karakteristik Arus Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Simpang 4 Bireun (Perbandingan Dengan Metode Greenshield, Greenberg, Underwood). *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 19-28.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Pengolahan Lokasi 1 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam *	Kecepatan km/jam *	Kepadatan smp/km **
	Xi.Yi	Yi	Xi
06.30-07.30	693,6	61,13	11,35
06.45-07.45	749	60,02	12,48
07.00-08.00	689,7	61,21	11,27
07.15-08.30	637,1	62,26	10,23
07.30-08.30	622,7	62,55	9,96
07.45-08.45	584,8	63,30	9,24
08.00-09.00	593,5	63,13	9,40
08.15-09.15	607,2	62,86	9,66
08.30-09.30	613,3	62,73	9,78
08.45-09.45	633,5	62,33	10,16
09.00-10.00	638,2	62,24	10,25
09.15-10.15	640,1	62,20	10,29
09.30-10.30	663,6	61,73	10,75
09.45-10.45	681,3	61,37	11,10
10.00-11.00	688,7	61,23	11,25
10.15-11.15	704	60,92	11,56
10.30-11.30	764,3	59,71	12,80
10.45-11.45	849,6	58,01	14,65
11.00-12.00	875,4	57,49	15,23
11.15-12.15	871	57,58	15,13

Keterangan :

* = Pengamatan Langsung

** = Hasil Perhitungan

Lanjutan Lampiran 1 Data Hasil Pengolahan Lokasi 1 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam *	Kecepatan km/jam *	Kepadatan smp/km **
	Xi.Yi	Yi	Xi
11.30-12.30	775,8	59,48	13,04
11.45-12.45	696,2	61,08	11,40
12.00-13.00	699,4	61,01	11,46
12.15-13.15	739,7	60,21	12,29
12.30-13.30	845,2	58,10	14,55
12.45-13.45	948,4	56,03	16,93
13.00-14.00	987,7	55,25	17,88
13.15-14.15	1123	52,54	21,37
13.30-14.30	1216,9	50,66	24,02
13.45-14.45	1235,3	50,29	24,56
14.00-15.00	1303,8	48,92	26,65
14.15-15.15	1274,1	49,52	25,73
14.30-15.30	1230,8	50,38	24,43
14.45-15.45	1292,4	49,15	26,29
15.00-16.00	1435,8	46,28	31,02
15.15-16.15	1601	42,98	37,25
15.30-16.30	1793,4	39,13	45,83

Keterangan :

* = Pengamatan Langsung

** = Hasil Perhitungan

Lampiran 2 Data Hasil Pengolahan Lokasi 2 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam *	Kecepatan km/jam *	Kepadatan smp/km **
	Xi.Yi	Yi	Xi
06.30-07.30	1749,7	35,01	49,98
06.45-07.45	1825,6	33,49	54,52
07.00-08.00	1776,6	34,47	51,54
07.15-08.30	1656,5	36,87	44,93
07.30-08.30	1525,9	39,48	38,65
07.45-08.45	1316,9	43,66	30,16
08.00-09.00	1119,4	47,61	23,51
08.15-09.15	1049,9	49,00	21,43
08.30-09.30	974,2	50,52	19,28
08.45-09.45	894,3	52,11	17,16
09.00-10.00	922,7	51,55	17,90
09.15-10.15	898,8	52,02	17,28
09.30-10.30	861,2	52,78	16,32
09.45-10.45	861,8	52,76	16,33
10.00-11.00	872,1	52,56	16,59
10.15-11.15	863,2	52,74	16,37
10.30-11.30	856,1	52,88	16,19
10.45-11.45	867,2	52,66	16,47
11.00-12.00	825	53,50	15,42
11.15-12.15	778	54,44	14,29

Keterangan :

* = Pengamatan Langsung

** = Hasil Perhitungan

Lanjutan Lampiran 2 Data Hasil Pengolahan Arah 2 Senin 11 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam *	Kecepatan km/jam *	Kepadatan smp/km **
	Xi,Yi	Yi	Xi
11.30-12.30	771,4	54,57	14,14
11.45-12.45	737,5	55,25	13,35
12.00-13.00	747,6	55,05	13,58
12.15-13.15	789,8	54,20	14,57
12.30-13.30	833,5	53,33	15,63
12.45-13.45	854,3	52,91	16,15
13.00-14.00	894,4	52,11	17,16
13.15-14.15	927,7	51,45	18,03
13.30-14.30	907,3	51,85	17,50
13.45-14.45	932	51,36	18,15
14.00-15.00	887,9	52,24	17,00
14.15-15.15	862,5	52,75	16,35
14.30-15.30	914,3	51,71	17,68
14.45-15.45	897,8	52,04	17,25
15.00-16.00	847,2	53,06	15,97
15.15-16.15	818,2	53,64	15,25
15.30-16.30	763,1	54,74	13,94
Total	36881,60	1852,37	786,01

Keterangan :

* = Pengamatan Langsung

** = Hasil Perhitungan

Lampiran 3 Data Hasil Pengolahan Arah 1 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam *	Kecepatan km/jam *	Kepadatan smp/km **
	Xi.Yi	Yi	Xi
06.30-07.30	1242,60	50,15	24,78
06.45-07.45	1014,39	54,71	18,54
07.00-08.00	786,52	59,27	13,27
07.15-08.30	665,42	61,69	10,79
07.30-08.30	581,84	63,36	9,18
07.45-08.45	527,03	64,46	8,18
08.00-09.00	539,56	64,21	8,40
08.15-09.15	596,53	63,07	9,46
08.30-09.30	746,12	60,08	12,42
08.45-09.45	777,79	59,44	13,08
09.00-10.00	857,59	57,85	14,82
09.15-10.15	970,33	55,59	17,45
09.30-10.30	864,05	57,72	14,97
09.45-10.45	805,89	58,88	13,69
10.00-11.00	769,42	59,61	12,91
10.15-11.15	752,95	59,94	12,56
10.30-11.30	834,97	58,30	14,32
10.45-11.45	939,70	56,21	16,72
11.00-12.00	1026,52	54,47	18,85
11.15-12.15	1056,95	53,86	19,62

Keterangan :

* = Pengamatan Langsung

** = Hasil Perhitungan

Lanjutan Lampiran 3 Data Hasil Pengolahan Arah 1 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam *	Kecepatan km/jam *	Kepadatan smp/km **
	Xi.Yi	Yi	Xi
11.30-12.30	1107,19	52,86	20,95
11.45-12.45	1094,67	53,11	20,61
12.00-13.00	1084,09	53,32	20,33
12.15-13.15	1271,47	49,57	25,65
12.30-13.30	1300,78	48,98	26,55
12.45-13.45	1361,06	47,78	28,49
13.00-14.00	1411,74	46,77	30,19
13.15-14.15	1291,93	49,16	26,28
13.30-14.30	1260,50	49,79	25,32
13.45-14.45	1284,84	49,30	26,06
14.00-15.00	1318,63	48,63	27,12
14.15-15.15	1137,88	52,24	21,78
14.30-15.30	1040,57	54,19	19,20
14.45-15.45	937,81	56,24	16,67
15.00-16.00	1063,91	53,72	19,80
15.15-16.15	1423,22	46,54	30,58
15.30-16.30	1795,24	39,10	45,92
Total	37541,71	2024,17	715,52

Keterangan :

* = Pengamatan Langsung

** = Hasil Perhitungan

Lampiran 4 Data Hasil Pengolahan Arah 2 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/jam
	Xi.Yi	Yi	Xi
06.30-07.30	1702,6	35,948	47,36
06.45-07.45	1830,1	33,398	54,80
07.00-08.00	1845,5	33,09	55,77
07.15-08.30	1772,5	34,55	51,30
07.30-08.30	1660,1	36,798	45,11
07.45-08.45	1363,6	42,728	31,91
08.00-09.00	1195,1	46,098	25,93
08.15-09.15	1155,1	46,898	24,63
08.30-09.30	1056,7	48,866	21,62
08.45-09.45	1039,5	49,21	21,12
09.00-10.00	979,4	50,412	19,43
09.15-10.15	935	51,3	18,23
09.30-10.30	947,8	51,044	18,57
09.45-10.45	926,1	51,478	17,99
10.00-11.00	930,1	51,398	18,10
10.15-11.15	927,8	51,444	18,04
10.30-11.30	848,4	53,032	16,00
10.45-11.45	867,9	52,642	16,49
11.00-12.00	847,8	53,044	15,98
11.15-12.15	796,4	54,072	14,73

Keterangan :

* = Pengamatan Langsung

** = Hasil Perhitungan

Lanjutan Lampiran 4 Data Hasil Pengolahan Arah 2 Kamis 14 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam	Kecepatan km/jam	Kepadatan smp/jam
	Xi.Yi	Yi	Xi
11.30-12.30	850	53	16,04
11.45-12.45	887,5	52,25	16,99
12.00-13.00	869,5	52,61	16,53
12.15-13.15	924,5	51,51	17,95
12.30-13.30	921,8	51,564	17,88
12.45-13.45	886,8	52,264	16,97
13.00-14.00	885,5	52,29	16,93
13.15-14.15	790,9	54,182	14,60
13.30-14.30	804,7	53,906	14,93
13.45-14.45	799,9	54,002	14,81
14.00-15.00	748,8	55,024	13,61
14.15-15.15	734,3	55,314	13,28
14.30-15.30	792,9	54,142	14,64
14.45-15.45	834,8	53,304	15,66
15.00-16.00	878,6	52,428	16,76
15.15-16.15	908,6	51,828	17,53
15.30-16.30	844,6	53,108	15,90
Total	37991,20	1830,18	824,10

Keterangan :

* = Pengamatan Langsung

** = Hasil Perhitungan

Lampiran 5 Data Hasil Pengolahan Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam *	Kecepatan km/jam *	Kepadatan smp/km **
	Xi.Yi	Yi	Xi
06.30-07.30	950,50	55,99	16,98
06.45-07.45	1028,30	54,43	18,89
07.00-08.00	1017,61	54,65	18,62
07.15-08.30	1102,44	52,95	20,82
07.30-08.30	1060,21	53,80	19,71
07.45-08.45	1103,92	52,92	20,86
08.00-09.00	798,4	59,032	13,52
08.15-09.15	825,3	58,494	14,11
08.30-09.30	872	57,56	15,15
08.45-09.45	886,4	57,272	15,48
09.00-10.00	917,9	56,642	16,21
09.15-10.15	871,6	57,568	15,14
09.30-10.30	925,9	56,482	16,39
09.45-10.45	918,2	56,636	16,21
10.00-11.00	901,9	56,962	15,83
10.15-11.15	973,8	55,524	17,54
10.30-11.30	959,7	55,806	17,20
10.45-11.45	963,9	55,722	17,30
11.00-12.00	985,2	55,296	17,82
11.15-12.15	922,1	56,558	16,30

Keterangan :

* = Pengamatan Langsung

** = Hasil Perhitungan

Lanjutan Lampiran 5 Data Hasil Pengolahan Arah 1 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam *	Kecepatan km/jam *	Kepadatan smp/km **
	Xi.Yi	Yi	Xi
11.30-12.30	917,3	56,654	16,19
11.45-12.45	964,3	55,714	17,31
12.00-13.00	999,2	55,016	18,16
12.15-13.15	1059,8	53,804	19,70
12.30-13.30	1079,8	53,404	20,22
12.45-13.45	1098	53,04	20,70
13.00-14.00	1110,3	52,794	21,03
13.15-14.15	1140,2	52,196	21,84
13.30-14.30	1163,7	51,726	22,50
13.45-14.45	1179,8	51,404	22,95
14.00-15.00	1096,6	53,068	20,66
14.15-15.15	1034,8	54,304	19,06
14.30-15.30	1007,5	54,85	18,37
14.45-15.45	972,4	55,552	17,50
15.00-16.00	1032,5	54,35	19,00
15.15-16.15	1170,3	51,594	22,68
15.30-16.30	1250,9	49,982	25,03
Total	35292,80	2069,14	637,90

Keterangan :

* = Pengamatan Langsung

** = Hasil Perhitungan

Lampiran 6 Data Hasil Pengolahan Arah 2 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam *	Kecepatan km/jam *	Kepadatan smp/km **
	Xi.Yi	Yi	Xi
06.30-07.30	1173,8	46,524	25,23
06.45-07.45	1378,1	42,438	32,47
07.00-08.00	1530,1	39,398	38,84
07.15-08.30	1567,2	38,656	40,54
07.30-08.30	1462,6	40,748	35,89
07.45-08.45	1261,7	44,766	28,18
08.00-09.00	1054,7	48,906	21,57
08.15-09.15	987,5	50,25	19,65
08.30-09.30	925,8	51,484	17,98
08.45-09.45	903,5	51,93	17,40
09.00-10.00	889,3	52,214	17,03
09.15-10.15	852,3	52,954	16,10
09.30-10.30	873,2	52,536	16,62
09.45-10.45	870,2	52,596	16,54
10.00-11.00	876,6	52,468	16,71
10.15-11.15	884,4	52,312	16,91
10.30-11.30	848,7	53,026	16,01
10.45-11.45	853,4	52,932	16,12
11.00-12.00	829,1	53,418	15,52
11.15-12.15	831,6	53,368	15,58

Keterangan :

* = Pengamatan Langsung

** = Hasil Perhitungan

Lanjutan Lampiran 6 Data Hasil Pengolahan Arah 2 Sabtu 16 Maret 2024

Pukul	Volume smp/jam *	Kecepatan km/jam *	Kepadatan smp/km **
	Xi.Yi	Yi	Xi
11.30-12.30	859,2	52,816	16,27
11.45-12.45	854	52,92	16,14
12.00-13.00	862,7	52,746	16,36
12.15-13.15	842	53,16	15,84
12.30-13.30	770,4	54,592	14,11
12.45-13.45	812,1	53,758	15,11
13.00-14.00	813,8	53,724	15,15
13.15-14.15	830,8	53,384	15,56
13.30-14.30	914,3	51,714	17,68
13.45-14.45	860,9	52,782	16,31
14.00-15.00	893,7	52,126	17,14
14.15-15.15	907,3	51,854	17,50
14.30-15.30	919,3	51,614	17,81
14.45-15.45	989,1	50,218	19,70
15.00-16.00	1027,7	49,446	20,78
15.15-16.15	1017,6	49,648	20,50
15.30-16.30	1024,4	49,512	20,69
Total	36053,10	1868,94	733,54

Keterangan :

* = Pengamatan Langsung

** = Hasil Perhitungan