



# Analisis Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan di Ruas Jalan Lokal

Muhammad Ali Shodiq<sup>1</sup>, Dewi Sriastuti Nababan<sup>1</sup>, Muh. Akbar<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Musamus  
Merauke, Papua Selatan, Indonesia

\*Correspondent Author: [akabr@unmus.ac.id](mailto:akabr@unmus.ac.id)

Received: 05 juni 2024; Received: 15 juli 2024; Accepted: 28 juli 2024

**Abstrak** – Jalan Pembangunan adalah jalan yang cukup ramai dan memiliki suatu peranan yang penting dalam perekonomian yang merupakan salah satu jalan yang dipakai sebagai mobilitas barang ataupun penduduk dari dan ke kota Merauke. Kegiatan pada ruang manfaat jalan semakin bertambah karena banyaknya pedagang dan kendaraan parkir atau berhenti. Jalur lalu lintas yang semestinya digunakan untuk pergerakan lalu lintas terpakai sebagian untuk kendaraan parkir, sehingga menambah kepadatan arus lalu lintas yang otomatis kecepatan kendaraan akan semakin menurun. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hubungan dari volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas dengan Pemodelan *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood* serta kinerja jalan di ruas jalan untuk 10 tahun kedepan. Penelitian ini dilakukan dengan metode pemodelan *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood* untuk mengetahui hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan. Selain itu untuk mengetahui kinerja jalan 10 tahun kedepan menggunakan metode Forecasting dan MKJI 1997. Hasil penelitian analisis model *Greenshield* didapat koefisien determinasi ( $R^2$ ) tertinggi selama 7 hari yaitu 0,4652, Model *Greenberg* didapat koefisien determinasi ( $R^2$ ) 0,4703, dan Model *Underwood* didapat koefisien determinasi ( $R^2$ ) 0,4595. Hasil analisis tingkat pelayanan jalan untuk 10 tahun kedepan didapatkan derajat kejenuhan  $> 0,75$  untuk kedua arah. Ini menyatakan keadaan jalan tersebut untuk 10 tahun kedepan Arusnya hampir mulai menjadi tidak tetap, kecepatan bisa dikontrol.

**Kata Kunci:** Volume lalu lintas, kinerja jalan, *Greenshield*, *Greenberg*, *Underwood*

**Abstract** - *Pembangunan Road is a fairly busy road and has an important role in the economy which is one of the roads used for the mobility of goods or residents to and from the city of Merauke. Activities at road benefit space are increasing due to the large number of traders and vehicles parking or stopping. Traffic lanes that should be used for traffic movement are partially used for parking vehicles, thereby increasing the density of traffic flow which automatically reduces vehicle speed. The purpose of this study is to determine the relationship between traffic volume, speed and density with Greenshield, Greenberg and Underwood modeling and road performance on the roads for the next 10 years. This research was conducted using the Greenshield, Greenberg and Underwood modeling methods to determine the relationship between volume, speed and density. In addition, to determine road performance for the next 10 years using the Forecasting method and the MKJI 1997. The results of the analysis of the Greenshield model obtained the highest coefficient of determination ( $R^2$ ) for 7 days, namely 0.4652, the Greenberg Model obtained the coefficient of determination ( $R^2$ ) 0.4703, and the Underwood Model obtained the coefficient of determination ( $R^2$ ) 0.4595. The results of the analysis of road service levels for*

*the next 10 years show the degree of saturation  $> 0.75$  for both directions. This states that the condition of the road for the next 10 years will experience saturation.*

**Keywords:** Traffic volume, road performance, *Greenshield*, *Greenberg*, *Underwood*

## 1. PENDAHULUAN

Jalan Pembangunan di kota Merauke memiliki peran strategis sebagai jalur utama untuk mobilitas barang dan penduduk. Seiring dengan perkembangan ekonomi dan pertumbuhan populasi, intensitas penggunaan jalan ini meningkat secara signifikan [1]. Kondisi ini menyebabkan beban lalu lintas yang tinggi, terutama karena banyaknya aktivitas yang terjadi di Ruang Manfaat Jalan (RUMAJA), seperti parkir kendaraan dan aktivitas perdagangan di tepi jalan. Akibatnya, jalur lalu lintas yang seharusnya digunakan untuk pergerakan kendaraan terpakai sebagian oleh kendaraan yang parkir atau berhenti, yang berdampak pada menurunnya kecepatan lalu lintas dan berpotensi menjadi sebuah kemacetan [2], [3].

Masalah ini menjadi semakin serius karena penurunan kecepatan lalu lintas berdampak langsung pada efisiensi transportasi dan kesejahteraan ekonomi. Penggunaan jalan yang tidak optimal dapat memperlambat pergerakan barang dan orang, mengganggu aktivitas ekonomi, dan meningkatkan biaya transportasi [4]. Kondisi ini juga memperburuk kualitas hidup masyarakat sekitar yang harus menghadapi kemacetan sehari-hari. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman yang mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas di Jalan Pembangunan [3], [5].

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak untuk mengatasi masalah lalu lintas di Jalan Pembangunan. Jika tidak segera ditangani, kondisi jalan yang semakin padat dapat menurunkan kualitas infrastruktur jalan dan menghambat pertumbuhan ekonomi kota Merauke. Selain itu, meningkatnya derajat kejenuhan lalu lintas dapat memicu kecelakaan [6], memperburuk polusi udara, dan memperpanjang waktu perjalanan, yang semuanya akan berdampak negatif pada masyarakat [5], [7]. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk menghasilkan solusi yang tepat dan efektif guna mengelola lalu lintas serta meningkatkan kinerja jalan dalam jangka panjang.

Penelitian ini menganalisis tiga variabel utama dalam lalu lintas: volume, kecepatan, dan kepadatan. Variabel-

variabel ini merupakan indikator kunci dalam memahami dinamika lalu lintas di suatu ruas jalan [8], [9]. Volume lalu lintas mengacu pada jumlah kendaraan yang melewati suatu titik dalam periode tertentu, kecepatan mengukur kecepatan rata-rata kendaraan, sedangkan kepadatan mengukur jumlah kendaraan yang ada di suatu ruas jalan pada waktu tertentu [10], [11]. Analisis terhadap hubungan antara ketiga variabel ini sangat penting untuk mengevaluasi kinerja lalu lintas dan merumuskan strategi yang efektif untuk pengelolaan jalan.

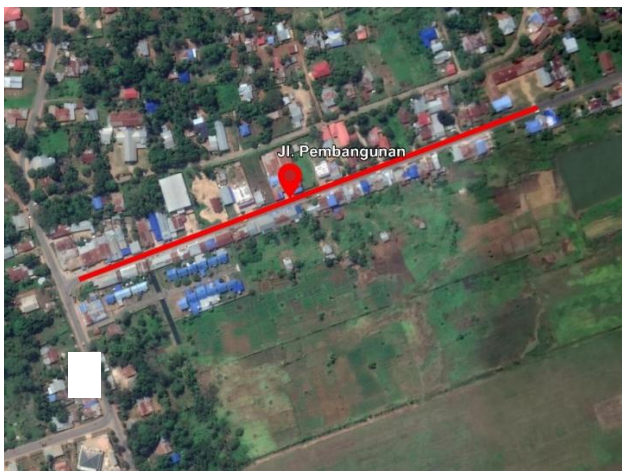
Meskipun banyak penelitian telah dilakukan untuk memahami hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas [7], [10–13], masih terdapat kesenjangan dalam pemahaman tentang bagaimana model-model matematis seperti Greenshield, Greenberg, dan Underwood dapat diterapkan secara efektif pada konteks jalan lokal seperti jalan kolektor skunder seperti yang berada pada Jalan Pembangunan di Merauke. Studi sebelumnya lebih banyak hanya berfokus pada area perkotaan besar dengan karakteristik lalu lintas yang berbeda. Penelitian ini menawarkan novelty dengan mengaplikasikan model-model ini pada konteks lokal yang unik dan memprediksi kinerja jalan untuk 10 tahun ke depan menggunakan pendekatan yang lebih holistik yaitu Forecasting dan MKJI 1997.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas di Jalan Pembangunan menggunakan model Greenshield, Greenberg, dan Underwood. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk memproyeksikan kinerja jalan tersebut dalam jangka waktu 10 tahun ke depan, sehingga dapat memberikan rekomendasi kebijakan yang dapat diimplementasikan untuk mengelola lalu lintas secara lebih efektif dan meningkatkan kualitas infrastruktur jalan di Merauke.

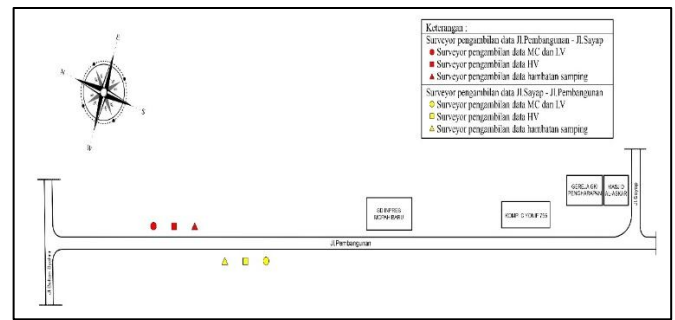
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di ruas jalan Pembangunan, Kabupaten Merauke Provinsi Papua Selatan.



Gambar 1. Jalan Pembangunan di Kabupaten Merauke



Gambar 2. Sketsa lokasi penelitian

### 2.2 Waktu Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian dilakukan pada waktu jam sibuk. Pengambilan kecepatan rata-rata ruang dan data volume lalu lintas dilakukan selama sepekan pada pukul 06:45 – 18:00 WIT, dengan sela waktu setiap 15 menit.

### 2.3 Peralatan dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini alat serta bahan yang digunakan ialah terdiri dari Formulir survei, Alat tulis, *Speed gun*, *Hand Counter*, Meter roll, Alat dokumentasi (kamera) dan Laptop

### 2.4 Teknik Pengumpulan Data

#### a. Data primer

Data yang diambil dilapangan secara langsung, dimana pada lokasi penelitian diambil 1 titik pengamatan yang strategis sehingga berjalan dengan baik. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan survei [16], [17], seperti :

- Survei dimensi jalan survei dilaksanakan guna menentukan ukuran lebar jalan, median jalan, bahu jalan dan sarana jalan.
- Survei volume lalu-lintas dilaksanakan pada jalan Pembangunan untuk memperoleh data kendaraan LHR yang bergerak sepanjang ruas jalan Pembangunan. Selain itu kendaraan dikelompokkan menurut jenisnya yaitu (MC), (LV), (HV) dan (UM).
- Survei kecepatan rata-rata ruang kendaraan dilakukan untuk mendapatkan kecepatan kendaraan yang melewati jalan Pembangunan.
- Survei hambatan samping pada jarak 200 meter pada ruas jalan guna menghitung kendaraan parkir, kendaraan yang masuk dan keluar, dan pejalan kaki.

#### b. Data Sekunder

Data yang didapat dari dinas terkait yaitu data jumlah kendaraan 5 tahun terakhir dan data jumlah penduduk

## 2.5 Teknik Analisis Data

### a. Arus (Volume)

$$V = D \times S \quad (1)$$

Keterangan:

V = Volume (kend/jam)

D = Kepadatan (kend/km)

S = Kecepatan (km/ jam)

### b. Kecepatan

$$S = \frac{L}{(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

Keterangan:

S = kecepatan (km/jam)

L = Jarak (km)

(t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub>) = Waktu untuk melintasi (detik)

### c. Kepadatan

$$K = \frac{N}{L} \quad (3)$$

Keterangan:

K = D = kerapatan (kend/km)

N = jumlah kendaraan

L = jarak (km)

### d. Kapasitas

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \quad (4)$$

Dimana :

C : Kapasitas (smp/jam)

C<sub>0</sub> : Kapasitas Dasar

FC<sub>w</sub> : Faktor penyesuaian kapasitas lebar jalan

FC<sub>sp</sub> : Faktor penyesuaian kapasitas pemisah arah

FC<sub>Sf</sub> : Faktor penyesuaian kapasitas hambatan sampling

FC<sub>CS</sub> : Faktor penyesuaian kapasitas ukuran kota

### e. Derajat Jenuh

$$DS = \frac{Q}{C} \quad (5)$$

Dimana :

DS : Derajat kejenuhan

Q : Arus lalu lintas (smp/jam)

C : Kapasitas (smp/jam)

### f. Model Greenshield

Greenshield melakukan analisa pada ruas jalan dan memperoleh hasil dimana hubungan yang bersifat linear antara kecepatan dan kerapatan [18], [19].

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \times D \quad (6)$$

### g. Model Greenberg

Hubungan antara kecepatan dan kepadatan yang dijelaskan *Greenberg* adalah fungsi eksponensial dan bukan fungsi linear [20], [21]. Persamaan dasar model ini Sebagai Berikut:

$$D = C \times e^{bs} \quad (7)$$

### h. Model Underwood

Hubungan antara kepadatan dan kecepatan yang diasumsikan *Underwood* adalah fungsi logaritmik dan bukan merupakan fungsi linear [22]. Sebagaimana dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$S = S_{ff} \times e^{-\frac{D}{D_M}} \quad (8)$$

### i. Forecasting

$$i = \frac{n-1}{\sqrt{\frac{y_n}{y_t}}} - 1 \times 100\% \quad (9)$$

Dimana :

i = Angka pertumbuhan lalu-lintas (%)

y<sub>n</sub> = Angka ramalan kendaraan akhir

y<sub>t</sub> = Angka ramalan kendaraan awal

Untuk menghitung volume lalu lintas tahun rencana, menggunakan persamaan:

$$Q_d = Q_p \left(1 + \frac{i}{100}\right)^n \quad (10)$$

Dimana :

i = Pertumbuhan lalu-lintas (%)

n = Jumlah tahun ke-n dari volume lalu lintas rata- rata jam sibuk

Q<sub>p</sub> = Volume lalu-lintas rata-rata jam sibuk (kend/jam)

Q<sub>d</sub> = Volume lalu-lintas pada tahun ke-n (kend/jam)

### j. Geometri

$$r = \left(\frac{Pt}{Po}\right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (11)$$

Dimana:

Pt = Jumlah penduduk pada tahun t

Po = Jumlah penduduk pada tahun dasar

t = Jangka waktu selisih

r = Laju pertumbuhan penduduk (%)

### k. Analisis Regresi Linear

$$B = \frac{N \sum_{i=1}^N (X_i Y_i) - \sum_{i=1}^N (X_i) \cdot \sum_{i=1}^N (Y_i)}{N \sum_{i=1}^N (X_i^2) - \left(\sum_{i=1}^N (X_i)\right)^2} \quad (12)$$

$$A = \bar{Y} - B\bar{X} \quad (13)$$

$\bar{Y}$  dan  $\bar{X}$  adalah nilai rata-rata dari  $Y_i$  dan  $X_i$ .



## 1. Analisis Korelasi

$$R = \frac{N \sum_{i=1}^N (X_i Y_i) - \sum_{i=1}^N (X_i) \cdot \sum_{i=1}^N (Y_i)}{\sqrt{[N \sum_{i=1}^N (X_i^2) - (\sum_{i=1}^N (X_i))^2][N \sum_{i=1}^N (Y_i^2) - (\sum_{i=1}^N (Y_i))^2]}} \quad (14)$$

Dimana angka yang mendekati atau sama dengan 1 memperlihatkan tingkat hubungan yang tinggi

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Data Geometri Jalan

Dari hasil survey dilapangan maka diperoleh data sebagai berikut:

Nama Ruas Jalan : Jalan Pembangunan  
 Tipe Jalan : 2/2 UD (2 Lajur 2 Arah tak terbagi)  
 Lebar jalan : 6,5 Meter  
 Lebar bahu jalan : 1 Meter

### 3.2 Analisis Parameter Arus Lalu Lintas

#### a. Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas periode waktu 15 menit dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 1. Perhitungan volume lalu lintas

| Periode     | Volume (smp/jam) |        |        |        |        |        |        |
|-------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|             | Senin            | Selasa | Rabu   | Kamis  | Jumat  | Sabtu  | Minggu |
| 06.45-07.00 | 108,10           | 115,45 | 104,65 | 103,60 | 67,60  | 80,70  | 30,35  |
| 07.00-07.15 | 107,10           | 151,95 | 157,10 | 165,45 | 107,65 | 114,55 | 38,40  |
| 07.15-07.30 | 107,05           | 200,80 | 183,80 | 183,90 | 104,60 | 153,15 | 52,95  |
| 07.30-07.45 | 112,30           | 130,45 | 155,95 | 132,40 | 85,75  | 115,85 | 55,60  |
| 07.45-08.00 | 109,90           | 130,25 | 136,20 | 106,15 | 92,45  | 119,15 | 56,10  |
| 08.00-08.15 | 128,05           | 100,20 | 98,25  | 88,10  | 87,75  | 102,20 | 57,15  |
| 08.15-08.30 | 114,85           | 89,70  | 112,25 | 84,50  | 87,45  | 119,20 | 71,20  |
| 08.30-08.45 | 124,20           | 104,45 | 61,70  | 106,65 | 106,80 | 125,95 | 85,15  |
| 08.45-09.00 | 130,55           | 95,00  | 105,95 | 106,85 | 91,70  | 111,35 | 74,15  |
| 09.00-09.15 | 124,85           | 111,85 | 120,60 | 126,90 | 125,00 | 132,05 | 73,85  |
| 09.15-09.30 | 128,85           | 111,65 | 114,55 | 101,05 | 111,20 | 153,95 | 73,00  |
| 09.30-09.45 | 124,55           | 103,05 | 99,10  | 117,60 | 118,15 | 128,55 | 79,65  |
| 11.00-11.15 | 107,75           | 158,40 | 117,40 | 116,00 | 136,95 | 136,55 | 102,00 |
| 11.15-11.30 | 134,70           | 154,75 | 131,85 | 135,15 | 141,85 | 93,95  | 96,40  |
| 11.30-11.45 | 131,15           | 109,50 | 136,00 | 126,70 | 110,65 | 133,05 | 84,85  |
| 11.45-12.00 | 131,10           | 120,35 | 138,05 | 134,10 | 120,10 | 135,55 | 103,10 |
| 12.00-12.15 | 139,15           | 116,60 | 119,05 | 107,35 | 80,75  | 123,25 | 89,40  |
| 12.15-12.30 | 140,25           | 136,65 | 134,65 | 129,40 | 78,35  | 136,95 | 81,85  |
| 12.30-12.45 | 164,70           | 102,40 | 103,20 | 137,30 | 98,50  | 119,05 | 91,15  |
| 12.45-13.00 | 143,70           | 151,35 | 148,30 | 118,90 | 102,05 | 114,50 | 91,15  |
| 13.00-13.15 | 126,30           | 126,25 | 117,90 | 108,25 | 97,75  | 129,95 | 88,60  |
| 13.15-13.30 | 113,50           | 135,55 | 136,45 | 151,30 | 108,50 | 114,20 | 71,90  |
| 13.30-13.45 | 107,55           | 128,50 | 132,60 | 100,95 | 114,85 | 121,30 | 109,00 |
| 13.45-14.00 | 122,30           | 117,85 | 118,00 | 96,85  | 111,15 | 109,95 | 102,30 |
| 15.00-15.15 | 102,20           | 113,40 | 111,10 | 90,50  | 116,30 | 101,85 | 96,10  |

| Periode     | Volume (smp/jam) |        |        |        |        |        |        |
|-------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|             | Senin            | Selasa | Rabu   | Kamis  | Jumat  | Sabtu  | Minggu |
| 15.15-15.30 | 129,15           | 136,60 | 142,05 | 106,50 | 118,20 | 98,15  | 92,75  |
| 15.30-15.45 | 124,85           | 128,60 | 124,60 | 109,70 | 117,10 | 125,20 | 115,85 |
| 15.45-16.00 | 158,30           | 134,25 | 134,45 | 119,65 | 96,50  | 140,40 | 125,25 |
| 16.00-16.15 | 116,75           | 120,80 | 118,05 | 129,45 | 121,10 | 128,50 | 120,40 |
| 16.15-16.30 | 102,65           | 124,80 | 131,60 | 112,05 | 119,55 | 139,40 | 132,10 |
| 16.30-16.45 | 110,15           | 122,30 | 127,40 | 115,10 | 132,85 | 146,15 | 135,30 |
| 16.45-17.00 | 123,00           | 119,55 | 115,70 | 114,15 | 164,75 | 137,55 | 128,25 |
| 17.00-17.15 | 153,40           | 145,30 | 154,25 | 123,35 | 115,25 | 136,90 | 126,50 |
| 17.15-17.30 | 136,70           | 137,85 | 127,20 | 135,25 | 116,90 | 147,65 | 138,35 |
| 17.30-17.45 | 128,25           | 129,30 | 129,45 | 134,10 | 114,00 | 139,25 | 126,60 |
| 17.45-18.00 | 63,80            | 125,00 | 125,10 | 125,65 | 141,45 | 134,30 | 122,45 |

#### b. Data kecepatan kendaraan

Untuk mencari kecepatan kendaraan diperoleh dengan menggunakan *Speed Gun* dalam satuan km/jam. Diambil nilai rata-rata dari jumlah banyaknya sampel yang diambil pada interval waktu 15 menit.

Tabel 2. Data kecepatan kendaraan

| Periode     | Kecepatan (km/jam) |        |       |       |       |       |        |
|-------------|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|             | Senin              | Selasa | Rabu  | Kamis | Jumat | Sabtu | Minggu |
| 06.45-07.00 | 33,10              | 33,21  | 33,57 | 35,31 | 37,08 | 34,23 | 33,79  |
| 07.00-07.15 | 32,23              | 30,59  | 35,67 | 34,85 | 32,84 | 32,88 | 33,64  |
| 07.15-07.30 | 32,29              | 30,82  | 34,94 | 29,98 | 33,06 | 32,68 | 34,76  |
| 07.30-07.45 | 31,96              | 29,36  | 34,40 | 31,82 | 31,69 | 31,68 | 34,24  |
| 07.45-08.00 | 33,74              | 32,15  | 33,34 | 32,23 | 31,87 | 32,06 | 33,70  |
| 08.00-08.15 | 33,54              | 31,09  | 34,20 | 32,23 | 35,30 | 34,02 | 34,39  |
| 08.15-08.30 | 33,94              | 30,89  | 31,56 | 36,91 | 33,06 | 32,86 | 33,06  |
| 08.30-08.45 | 33,78              | 31,50  | 35,95 | 34,16 | 32,24 | 32,90 | 32,10  |
| 08.45-09.00 | 30,93              | 33,47  | 34,98 | 31,46 | 34,53 | 34,71 | 35,59  |
| 09.00-09.15 | 36,52              | 32,76  | 34,94 | 32,64 | 32,85 | 31,14 | 32,52  |
| 09.15-09.30 | 37,70              | 33,54  | 33,83 | 30,22 | 32,04 | 32,03 | 33,17  |
| 09.30-09.45 | 35,59              | 32,57  | 33,65 | 32,38 | 31,60 | 29,59 | 33,81  |
| 11.00-11.15 | 34,29              | 31,24  | 33,35 | 32,07 | 30,64 | 30,56 | 30,67  |
| 11.15-11.30 | 34,36              | 28,81  | 33,88 | 30,24 | 31,06 | 30,74 | 30,66  |
| 11.30-11.45 | 32,22              | 29,06  | 32,65 | 31,18 | 33,43 | 30,40 | 33,81  |
| 11.45-12.00 | 28,22              | 31,73  | 32,35 | 29,99 | 33,28 | 30,23 | 33,89  |
| 12.00-12.15 | 32,50              | 32,20  | 33,34 | 32,69 | 32,17 | 32,54 | 37,54  |
| 12.15-12.30 | 29,68              | 31,38  | 31,95 | 31,04 | 32,97 | 29,86 | 34,09  |
| 12.30-12.45 | 32,86              | 34,70  | 31,55 | 31,42 | 30,78 | 30,26 | 34,35  |
| 12.45-13.00 | 33,94              | 33,71  | 32,31 | 32,91 | 30,69 | 31,78 | 31,93  |
| 13.00-13.15 | 33,36              | 33,81  | 31,41 | 35,05 | 33,64 | 34,46 | 30,59  |
| 13.15-13.30 | 36,92              | 32,74  | 28,64 | 33,83 | 33,70 | 34,63 | 29,56  |
| 13.30-13.45 | 34,07              | 32,81  | 32,11 | 36,39 | 32,29 | 33,21 | 29,74  |
| 13.45-14.00 | 35,31              | 32,59  | 29,49 | 35,15 | 32,61 | 34,03 | 28,26  |
| 15.00-15.15 | 34,32              | 31,04  | 34,27 | 33,59 | 34,98 | 33,78 | 32,68  |
| 15.15-15.30 | 35,78              | 31,24  | 34,39 | 29,46 | 32,14 | 31,40 | 31,62  |
| 15.30-15.45 | 34,40              | 31,68  | 31,76 | 32,00 | 32,59 | 32,73 | 31,74  |
| 15.45-16.00 | 34,91              | 32,80  | 31,99 | 30,65 | 33,16 | 33,58 | 31,88  |



| Periode     | Kecepatan (km/jam) |        |       |       |       |       |        |
|-------------|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|             | Senin              | Selasa | Rabu  | Kamis | Jumat | Sabtu | Minggu |
| 16.00-16.15 | 35,12              | 33,36  | 30,46 | 33,69 | 33,00 | 32,67 | 34,38  |
| 16.15-16.30 | 34,69              | 33,46  | 30,08 | 27,84 | 33,28 | 31,98 | 32,26  |
| 16.30-16.45 | 33,24              | 35,00  | 31,38 | 30,37 | 32,99 | 33,43 | 32,99  |
| 16.45-17.00 | 31,10              | 34,54  | 29,87 | 31,67 | 30,21 | 31,06 | 33,14  |
| 17.00-17.15 | 28,94              | 33,52  | 28,33 | 30,79 | 28,86 | 30,35 | 30,85  |
| 17.15-17.30 | 34,92              | 33,87  | 29,53 | 29,91 | 30,21 | 30,84 | 32,10  |
| 17.30-17.45 | 30,80              | 32,26  | 33,21 | 33,37 | 26,96 | 30,00 | 34,34  |
| 17.45-18.00 | 31,28              | 32,64  | 28,64 | 31,30 | 27,86 | 29,29 | 33,55  |

c. Data kepadatan lalu lintas

Untuk mencari kepadatan Lalu Lintas adalah dengan membagi volume kendaraan dengan kecepatan kendaraan pada interval waktu 15 menit dalam satuan smp/km.

Tabel 3. Ringkasan perhitungan kepadatan kendaraan

| Periode     | Kepadatan (smp/km) |        |      |       |       |       |        |
|-------------|--------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
|             | Senin              | Selasa | Rabu | Kamis | Jumat | Sabtu | Minggu |
| 06.45-07.00 | 3,27               | 3,48   | 3,12 | 2,93  | 1,82  | 2,36  | 0,90   |
| 07.00-07.15 | 3,32               | 4,97   | 4,40 | 4,75  | 3,28  | 3,48  | 1,14   |
| 07.15-07.30 | 3,32               | 6,52   | 5,26 | 6,13  | 3,16  | 4,69  | 1,52   |
| 07.30-07.45 | 3,51               | 4,44   | 4,53 | 4,16  | 2,71  | 3,66  | 1,62   |
| 07.45-08.00 | 3,26               | 4,05   | 4,09 | 3,29  | 2,90  | 3,72  | 1,66   |
| 08.00-08.15 | 3,82               | 3,22   | 2,87 | 2,73  | 2,49  | 3,00  | 1,66   |
| 08.15-08.30 | 3,38               | 2,90   | 3,56 | 2,29  | 2,64  | 3,63  | 2,15   |
| 08.30-08.45 | 3,68               | 3,32   | 1,72 | 3,12  | 3,31  | 3,83  | 2,65   |
| 08.45-09.00 | 4,22               | 2,84   | 3,03 | 3,40  | 2,66  | 3,21  | 2,08   |
| 09.00-09.15 | 3,42               | 3,41   | 3,45 | 3,89  | 3,81  | 4,24  | 2,27   |
| 09.15-09.30 | 3,42               | 3,33   | 3,39 | 3,34  | 3,47  | 4,81  | 2,20   |
| 09.30-09.45 | 3,50               | 3,16   | 2,95 | 3,63  | 3,74  | 4,34  | 2,36   |
| 11.00-11.15 | 3,14               | 5,07   | 3,52 | 3,62  | 4,47  | 4,47  | 3,33   |
| 11.15-11.30 | 3,92               | 5,37   | 3,89 | 4,47  | 4,57  | 3,06  | 3,14   |
| 11.30-11.45 | 4,07               | 3,77   | 4,17 | 4,06  | 3,31  | 4,38  | 2,51   |
| 11.45-12.00 | 4,65               | 3,79   | 4,27 | 4,47  | 3,61  | 4,48  | 3,04   |
| 12.00-12.15 | 4,28               | 3,62   | 3,57 | 3,28  | 2,51  | 3,79  | 2,38   |
| 12.15-12.30 | 4,73               | 4,35   | 4,21 | 4,17  | 2,38  | 4,59  | 2,40   |
| 12.30-12.45 | 5,01               | 2,95   | 3,27 | 4,37  | 3,20  | 3,93  | 2,65   |
| 12.45-13.00 | 4,23               | 4,49   | 4,59 | 3,61  | 3,32  | 3,60  | 2,85   |
| 13.00-13.15 | 3,79               | 3,73   | 3,75 | 3,09  | 2,91  | 3,77  | 2,90   |
| 13.15-13.30 | 3,07               | 4,14   | 4,76 | 4,47  | 3,22  | 3,30  | 2,43   |
| 13.30-13.45 | 3,16               | 3,92   | 4,13 | 2,77  | 3,56  | 3,65  | 3,67   |
| 13.45-14.00 | 3,46               | 3,62   | 4,00 | 2,76  | 3,41  | 3,23  | 3,62   |
| 15.00-15.15 | 2,98               | 3,65   | 3,24 | 2,69  | 3,32  | 3,01  | 2,94   |
| 15.15-15.30 | 3,61               | 4,37   | 4,13 | 3,62  | 3,68  | 3,13  | 2,93   |
| 15.30-15.45 | 3,63               | 4,06   | 3,92 | 3,43  | 3,59  | 3,83  | 3,65   |
| 15.45-16.00 | 4,53               | 4,09   | 4,20 | 3,90  | 2,91  | 4,18  | 3,93   |
| 16.00-16.15 | 3,32               | 3,62   | 3,88 | 3,84  | 3,67  | 3,93  | 3,50   |
| 16.15-16.30 | 2,96               | 3,73   | 4,37 | 4,02  | 3,59  | 4,36  | 4,09   |
| 16.30-16.45 | 3,31               | 3,49   | 4,06 | 3,79  | 4,03  | 4,37  | 4,10   |

| Periode     | Kepadatan (smp/km) |        |      |       |       |       |        |
|-------------|--------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
|             | Senin              | Selasa | Rabu | Kamis | Jumat | Sabtu | Minggu |
| 16.45-17.00 | 3,96               | 3,46   | 3,87 | 3,60  | 5,45  | 4,43  | 3,87   |
| 17.00-17.15 | 5,30               | 4,34   | 5,45 | 4,01  | 3,99  | 4,51  | 4,10   |
| 17.15-17.30 | 3,91               | 4,07   | 4,31 | 4,52  | 3,87  | 4,79  | 4,31   |
| 17.30-17.45 | 4,16               | 4,01   | 3,90 | 4,02  | 4,23  | 4,64  | 3,69   |
| 17.45-18.00 | 2,04               | 3,83   | 4,37 | 4,01  | 5,08  | 4,59  | 3,65   |

3.3. Pemodelan hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan

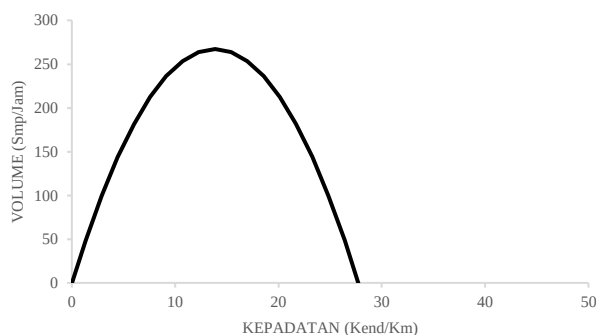
a. Model *Greenshield*

Tabel 4. Rangkuman hubungan matematis antara S – D, V – D dan V – S untuk Model *Greenshield*

| Hari/Tanggal                   | Tinjauan | Model Hubungan             | r square (R <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------|----------|----------------------------|----------------------------|
| Senin,<br>07 Februari<br>2022  | S-D      | $S = 40,289 - 1,821 D$     | 0,3541                     |
|                                | V-D      | $V = 40,289 D - 1,821 D^2$ |                            |
|                                | V-S      | $V = 22,120 S - 0,549 S^2$ |                            |
| Selasa,<br>01 Februari<br>2022 | S-D      | $S = 35,555 - 0,628 D$     | 0,1878                     |
|                                | V-D      | $V = 35,555 D - 0,628 D^2$ |                            |
|                                | V-S      | $V = 56,638 S - 1,593 S^2$ |                            |
| Rabu,<br>02 Februari<br>2022   | S-D      | $S = 37,587 - 0,988 D$     | 0,2211                     |
|                                | V-D      | $V = 37,587 D - 0,988 D^2$ |                            |
|                                | V-S      | $V = 38,057 S - 1,012 S^2$ |                            |
| Kamis,<br>03 Februari<br>2022  | S-D      | $S = 37,425 - 1,051 D$     | 0,2809                     |
|                                | V-D      | $V = 37,425 D - 1,051 D^2$ |                            |
|                                | V-S      | $V = 35,599 S - 0,951 S^2$ |                            |
| Jumat,<br>04 Februari<br>2022  | S-D      | $S = 38,553 - 1,391 D$     | 0,4652                     |
|                                | V-D      | $V = 38,553 D - 1,391 D^2$ |                            |
|                                | V-S      | $V = 27,722 S - 0,719 S^2$ |                            |
| Sabtu,<br>05 Februari<br>2022  | S-D      | $S = 37,800 - 1,141 D$     | 0,3468                     |
|                                | V-D      | $V = 37,800 D - 1,141 D^2$ |                            |
|                                | V-S      | $V = 33,119 S - 0,876 S^2$ |                            |
| Minggu,<br>06 Februari<br>2022 | S-D      | $S = 35,317 - 0,670 D$     | 0,1778                     |
|                                | V-D      | $V = 35,317 D - 0,670 D^2$ |                            |
|                                | V-S      | $V = 52,687 S - 1,492 S^2$ |                            |

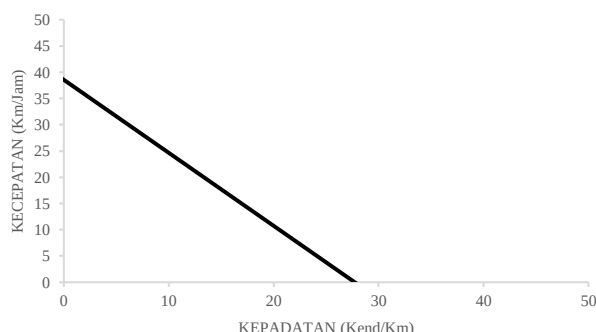
Jadi didapat hasil dari model *Greenshield* hubungan kecepatan-kepadatan, volume-kepadatan, dan volume-kecepatan yang dimana angka koefisien determinasi tertinggi pada hari Jumat yaitu sebesar 0,4652 yang dimana ini memperlihatkan tingkat hubungan yang cukup berarti. Berikut adalah grafik hubungan antar parameter pada hari jumat untuk model *Greenshield* yang ditunjukkan pada gambar 4,5 dan 6.





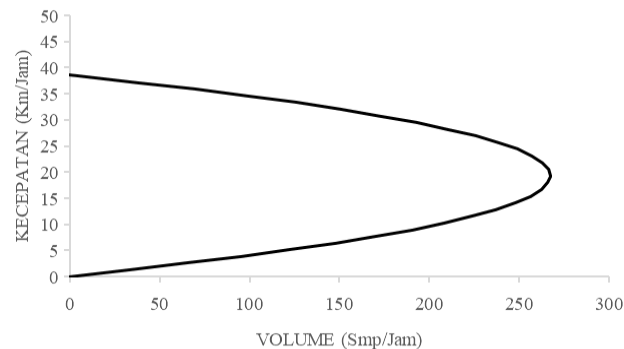
Gambar 4. Grafik hubungan volume dan kepadatan hari jumat

Grafik pada gambar 4 menjelaskan bahwa Grafik menunjukkan hubungan non-linear antara volume dan kepadatan lalu lintas berdasarkan model Greenshield. Volume meningkat hingga titik maksimum, mencerminkan kondisi optimal jalan. Setelah titik ini, peningkatan kepadatan menyebabkan penurunan volume akibat laju kendaraan yang menurun drastis dan menurunkan efisiensi jalan.



Gambar 5. Grafik Hubungan Kecepatan dan Kepadatan hari Jumat

Grafik pada gambar 5 menunjukkan bahwa terdapat hubungan linier negatif antara kecepatan kendaraan dan kepadatan lalu lintas. Secara khusus, grafik ini memperlihatkan bahwa kecepatan kendaraan cenderung menurun seiring dengan peningkatan kepadatan. Pada kepadatan rendah, kendaraan dapat bergerak dengan kecepatan tinggi, yang tercermin dalam nilai kecepatan sekitar 40 Km/Jam ketika kepadatan mendekati nol. Namun, ketika kepadatan meningkat, kecepatan kendaraan berkurang secara signifikan. Hal ini terjadi karena semakin banyak kendaraan di jalan, semakin terbatas ruang gerak bagi setiap kendaraan, sehingga mengurangi kecepatan rata-rata.



Gambar 6. Grafik hubungan volume dan kecepatan hari jumat

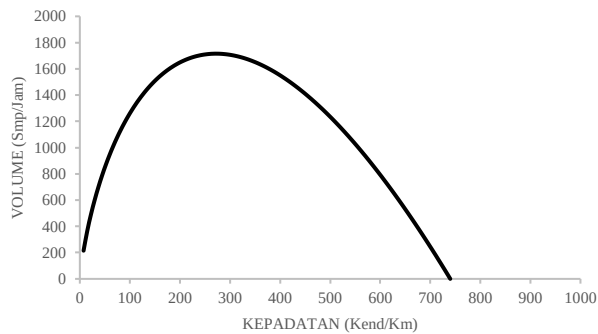
Grafik pada gambar 6 menunjukkan bahwa pada kecepatan tinggi, volume lalu lintas rendah karena rendahnya kepadatan. Seiring meningkatnya volume, kecepatan berkurang, hingga volume mencapai titik maksimum. Setelah titik tersebut, volume menurun meski kecepatan tetap berkurang, mencerminkan kondisi kemacetan di mana efisiensi jalan menurun drastis.

#### b. Model Greenberg

Tabel 5. Rangkuman hubungan matematis antara S – D, V – D dan V – S untuk Model Greenberg

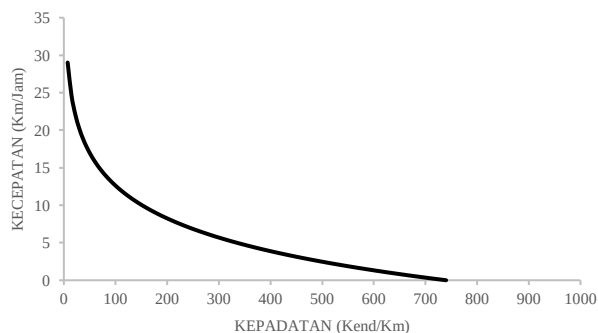
| Hari/Tanggal                   | Tinjauan | Model Hubungan                    | r square (R <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------|----------|-----------------------------------|----------------------------|
| Senin,<br>07 Februari<br>2022  | S-D      | $S = 43,218 - 7,464 \ln D$        | 0,3607                     |
|                                | V-D      | $V = 43,218 D - 7,464 \ln D$      |                            |
|                                | V-S      | $V = 326,945 S e^{-0,134.S}$      |                            |
| Selasa,<br>01 Februari<br>2022 | S-D      | $S = 37,915 - 3,447 \ln D$        | 0,1781                     |
|                                | V-D      | $V = 37,915 D - 3,447 \ln D$      |                            |
|                                | V-S      | $V = 59836,130 S e^{-0,290.S}$    |                            |
| Rabu,<br>02 Februari<br>2022   | S-D      | $S = 40,329 - 4,836 \ln D$        | 0,2367                     |
|                                | V-D      | $V = 40,329 D - 4,836 \ln D$      |                            |
|                                | V-S      | $V = 4188,598 S e^{-0,207.S}$     |                            |
| Kamis,<br>03 Februari<br>2022  | S-D      | $S = 41,451 - 5,848 \ln D$        | 0,3455                     |
|                                | V-D      | $V = 41,451 D - 5,848 \ln D$      |                            |
|                                | V-S      | $V = 1197,065 S e^{-0,171.S}$     |                            |
| Jumat,<br>04 Februari<br>2022  | S-D      | $S = 41,636 - 6,302 \ln D$        | 0,4703                     |
|                                | V-D      | $V = 41,636 D - 6,302 \ln D$      |                            |
|                                | V-S      | $V = 739,958 S e^{-0,159.S}$      |                            |
| Sabtu,<br>05 Februari<br>2022  | S-D      | $S = 40,809 - 5,462 \ln D$        | 0,3445                     |
|                                | V-D      | $V = 40,809 D - 5,462 \ln D$      |                            |
|                                | V-S      | $V = 1757,712 S e^{-0,183.S}$     |                            |
| Minggu,<br>06 Februari<br>2022 | S-D      | $S = 35,490 - 2,121 \ln D$        | 0,1717                     |
|                                | V-D      | $V = 35,490 D - 2,121 \ln D$      |                            |
|                                | V-S      | $V = 18453612,888 S e^{-0,478.S}$ |                            |

Jadi didapat hasil dari model *Greenberg* hubungan kecepatan-kepadatan, volume-kepadatan, dan volume-kecepatan yang dimana angka koefisien determinasi tertinggi pada hari Jumat yaitu sebesar 0,4703 yang dimana ini memperlihatkan tingkat hubungan yang cukup berarti. Berikut adalah grafik hubungan antar parameter pada hari jumat untuk model *Greenberg* yang ditunjukkan pada gambar 7,8 dan 9.



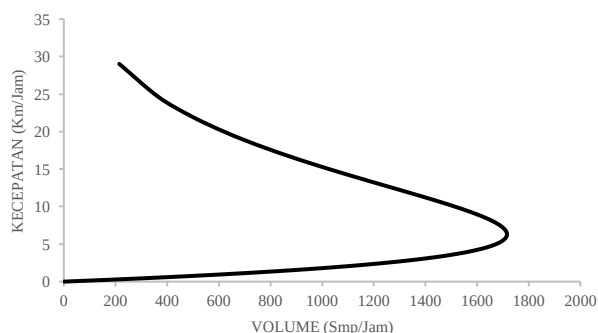
Gambar 7. Grafik hubungan volume dan kepadatan hari jumat

Grafik pada gambar 7 menunjukkan kurva parabola yang mencapai puncak yang lebih tinggi di awal berdasarkan nilai kepadatan dan kemudian menurun dengan perlahan. Hal ini mengindikasikan bahwa ketika kepadatan meningkat, volume lalu lintas awalnya juga meningkat hingga mencapai titik maksimum, setelah itu mulai berkurang seiring dengan peningkatan kepadatan



Gambar 8. Grafik hubungan kecepatan dan kepadatan hari jumat

Grafik pada gambar 8 menunjukkan bahwa kecepatan lalu lintas menurun seiring dengan peningkatan kepadatan. Ketika lebih banyak kendaraan mengisi suatu ruas jalan (kepadatan meningkat), kecepatan rata-rata lalu lintas juga menurun.



Gambar 9. Grafik hubungan volume dan kecepatan hari jumat

Grafik pada gambar 9 terlihat bahwa pada volume lalu lintas yang rendah (hingga sekitar 600 smp/

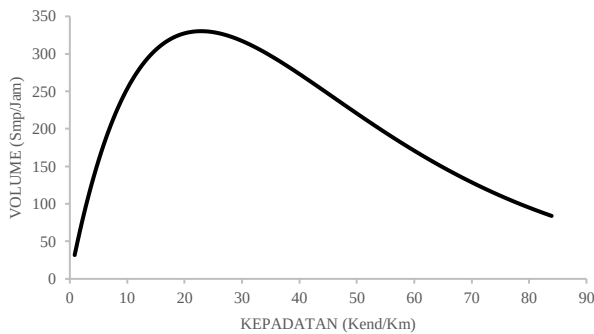
jam), kecepatan kendaraan cenderung tinggi, mencapai lebih dari 30 km/jam. Ini mencerminkan kondisi jalan yang masih cukup bebas dari hambatan, sehingga kendaraan dapat bergerak dengan kecepatan optimal. Namun, seiring dengan meningkatnya volume lalu lintas, kecepatan kendaraan mulai menurun secara signifikan, menunjukkan adanya penurunan efisiensi dalam pergerakan kendaraan. Ketika volume mendekati kapasitas maksimal jalan (sekitar 1600 smp/ jam), kecepatan kendaraan menurun tajam hingga mendekati nol. Hal ini menunjukkan bahwa jalan telah mencapai titik jenuh, di mana setiap penambahan volume lalu lintas akan menyebabkan kemacetan, sehingga mengurangi kecepatan kendaraan secara drastis.

#### c. Model Underwood

Tabel 6. Rangkuman Hubungan Matematis Antara  $S - D$ ,  $V - D$  dan  $V - S$  untuk Model Underwood

| Hari/Tanggal                   | Tinjauan | Model Hubungan                  | r square ( $R^2$ ) |
|--------------------------------|----------|---------------------------------|--------------------|
| Senin,<br>07 Februari<br>2022  | S-D      | $Lns = 3,719 - 0,056 D$         | 0,3621             |
|                                | V-D      | $V = 41,219 De^{-0,056 D}$      |                    |
|                                | V-S      | $V = 66,230 S - 17,809 S Ln S$  |                    |
| Selasa,<br>01 Februari<br>2022 | S-D      | $Lns = 3,576 - 0,020 D$         | 0,1886             |
|                                | V-D      | $V = 35,743 De^{-0,020 D}$      |                    |
|                                | V-S      | $V = 181,196 S - 50,665 S Ln S$ |                    |
| Rabu,<br>02 Februari<br>2022   | S-D      | $Lns = 3,640 - 0,031 D$         | 0,2256             |
|                                | V-D      | $V = 38,094 De^{-0,031 D}$      |                    |
|                                | V-S      | $V = 116,611 S - 32,035 S Ln S$ |                    |
| Kamis,<br>03 Februari<br>2022  | S-D      | $Lns = 3,629 - 0,032 D$         | 0,2757             |
|                                | V-D      | $V = 37,693 De^{-0,032 D}$      |                    |
|                                | V-S      | $V = 113,143 S - 31,173 S Ln S$ |                    |
| Jumat,<br>04 Februari<br>2022  | S-D      | $Lns = 3,670 - 0,044 D$         | 0,4595             |
|                                | V-D      | $V = 39,245 De^{-0,044 D}$      |                    |
|                                | V-S      | $V = 83,938 S - 22,873 S Ln S$  |                    |
| Sabtu,<br>05 Februari<br>2022  | S-D      | $Lns = 3,645 - 0,035 D$         | 0,3436             |
|                                | V-D      | $V = 38,278 De^{-0,035 D}$      |                    |
|                                | V-S      | $V = 102,722 S - 28,183 S Ln S$ |                    |
| Minggu,<br>06 Februari<br>2022 | S-D      | $Lns = 3,566 - 0,020 D$         | 0,1755             |
|                                | V-D      | $V = 35,369 De^{-0,020 D}$      |                    |
|                                | V-S      | $V = 173,976 S - 48,790 S Ln S$ |                    |

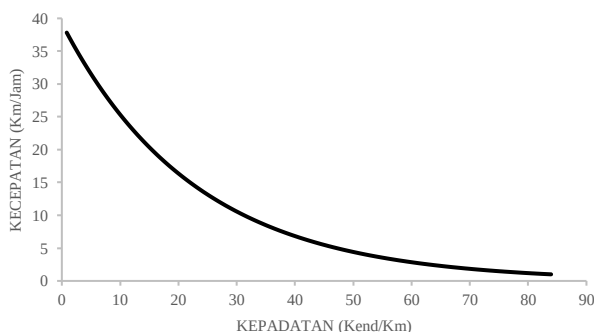
Jadi didapat hasil dari model *Underwood* hubungan kecepatan-kepadatan, volume-kepadatan, dan volume-kecepatan yang dimana angka koefisien determinasi tertinggi pada hari Jumat yaitu sebesar 0,4595 yang dimana ini memperlihatkan tingkat hubungan yang cukup berarti. Berikut adalah grafik hubungan antar parameter pada hari jumat untuk model *Underwood* yang ditunjukkan pada gambar 10,11 dan 12..



Gambar 10. Grafik hubungan volume dan kepadatan hari jumat

Pada grafik gambar 10 terlihat bahwa ketika kepadatan kendaraan rendah (di bawah 20 kendaraan/km), volume lalu lintas meningkat seiring dengan bertambahnya kepadatan. Hal ini mencerminkan bahwa jalan mampu menampung lebih banyak kendaraan tanpa mengurangi efisiensi lalu lintas secara signifikan.

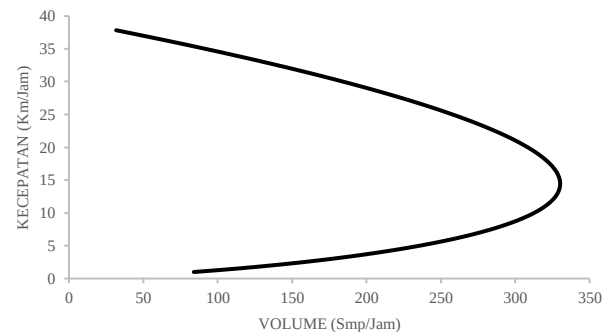
Namun, ketika kepadatan mencapai nilai kritis, yang ditunjukkan pada puncak grafik sekitar 20-30 kendaraan/km, volume lalu lintas mencapai titik maksimum. Setelah titik kritis ini, setiap peningkatan kepadatan kendaraan justru menyebabkan penurunan volume lalu lintas. Hal ini menandakan bahwa jalan mulai mengalami saturasi, di mana penambahan kendaraan tidak lagi meningkatkan volume arus, tetapi justru menurunkan efisiensi pergerakan kendaraan. Pada akhirnya, pada kepadatan yang sangat tinggi (mendekati 80 kendaraan/km), volume lalu lintas menurun drastis, mengindikasikan kondisi kemacetan parah di mana jalan hampir tidak dapat menampung kendaraan dengan aliran yang lancar.



Gambar 11. Grafik hubungan kecepatan dan kepadatan hari jumat

Pada grafik gambar 11 terlihat bahwa ketika kepadatan rendah (di bawah 10 kendaraan/km), kecepatan kendaraan berada pada tingkat yang tinggi, mendekati 40 km/jam. Ini menunjukkan bahwa kondisi jalan masih relatif bebas dari hambatan, memungkinkan kendaraan untuk bergerak dengan kecepatan optimal.

Namun, seiring dengan peningkatan kepadatan, kecepatan kendaraan mulai menurun secara signifikan. Ketika kepadatan mencapai sekitar 30-40 kendaraan/km, kecepatan turun ke level sekitar 15-20 km/jam, mencerminkan bahwa jalan mulai mengalami penurunan efisiensi akibat tingginya jumlah kendaraan yang menggunakan jalur tersebut. Pada kondisi kepadatan yang sangat tinggi, mendekati 80 kendaraan/km, kecepatan lalu lintas hampir mencapai nol, menandakan kemacetan parah di mana kendaraan hampir tidak dapat bergerak.



Gambar 12. Grafik hubungan volume dan kecepatan hari jumat

Model ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan non-linear antara volume lalu lintas dan kecepatan kendaraan, yang sangat penting untuk memahami dinamika lalu lintas di jalan raya. Pada awalnya, dengan meningkatnya volume dari nilai yang sangat rendah, kecepatan kendaraan tetap tinggi, menunjukkan bahwa jalan masih dalam kondisi bebas hambatan, sehingga kendaraan dapat bergerak dengan cepat.

Namun, seiring dengan peningkatan volume, kecepatan kendaraan mulai menurun. Ini mencerminkan adanya interaksi yang semakin intens antara kendaraan-kendaraan di jalan, yang mengakibatkan pengurangan efisiensi dalam pergerakan lalu lintas. Grafik menunjukkan bahwa pada titik tertentu, peningkatan volume tidak lagi menghasilkan peningkatan arus lalu lintas, melainkan justru menyebabkan penurunan kecepatan yang signifikan. Pada puncak grafik, volume mencapai titik maksimum, tetapi setelahnya, meskipun volume mulai menurun, kecepatan tetap rendah, mencerminkan situasi di mana jalan telah mencapai kapasitas maksimumnya dan mulai mengalami kemacetan.

### 3.4. Analisis Pertumbuhan Lalu Lintas (*forecasting*)

Tabel 6. Jumlah penduduk Kabupaten Merauke

| Tahun | Jumlah Penduduk (Jiwa) |
|-------|------------------------|
| 2010  | 197.301                |
| 2011  | 201.786                |
| 2012  | 201.786                |
| 2013  | 205.881                |
| 2014  | 209.980                |
| 2015  | 216.585                |





| Tahun | Jumlah Penduduk (Jiwa) |
|-------|------------------------|
| 2016  | 220.006                |
| 2017  | 223.389                |
| 2018  | 225.714                |
| 2019  | 227.411                |
| 2020  | 230.932                |
| 2021  | 231.696                |

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Merauke [23]

$$r = \left( \frac{P_t}{P_o} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

$$r = \left( \frac{231.696}{197.301} \right)^{\frac{1}{11}} - 1$$

$$r = 0,0147$$

Jadi, didapat nilai pertumbuhan penduduk sebesar 0,0147. Selanjutnya menghitung prediksi pertumbuhan pada tahun 2032 Sebagai berikut:

$$P_t = P_o(1+r)^t$$

$$P_t = 231.696 \times (1+0,0147)^{11}$$

$$P_t = 231.696 \times (1,0147)^{11}$$

$$P_t = 272.087$$

didapatkan hasil *forecasting* jumlah penduduk pada tahun 2032 sebesar 272.087 Jiwa.

Tabel 7. Jumlah kendaraan bermotor di Kabupaten Merauke (2017-2021)

| Jenis kendaraan bermotor | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| (1)                      | (2)    | (3)    | (4)    | (5)    | (6)    |
| Ambulance                | 26     | 26     | 30     | 31     | 32     |
| Blind van                | 11     | 11     | 12     | 21     | 30     |
| Jeep                     | 451    | 481    | 517    | 549    | 581    |
| Light truck              | 1.590  | 1.819  | 1.999  | 2.131  | 2.263  |
| Minibus                  | 3.281  | 3.716  | 4.169  | 4.658  | 5.147  |
| Microbus                 | 50     | 50     | 50     | 54     | 58     |
| Pick up                  | 2.227  | 2.531  | 2.849  | 3.060  | 3.271  |
| Mobil jenazah            | 1      | 2      | 2      | 2      | 2      |
| Sedan                    | 61     | 64     | 68     | 72     | 76     |
| Sepeda motor roda 2      | 48.995 | 54.959 | 60.461 | 64.436 | 68.411 |
| Sepeda motor roda 3      | 137    | 173    | 200    | 225    | 250    |
| Truck                    | 184    | 197    | 213    | 229    | 245    |
| Jumlah                   | 57.018 | 64.038 | 70.581 | 75.245 | 80.366 |

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Merauke [23]

Tabel 8. Analisa regresi

| No | x | y      | x <sup>2</sup> | y <sup>2</sup> | x.y     |
|----|---|--------|----------------|----------------|---------|
| 1  | 1 | 57.018 | 1              | 3.251.052.324  | 57.018  |
| 2  | 2 | 64.038 | 4              | 4.100.865.444  | 128.076 |
| 3  | 3 | 70.581 | 9              | 4.981.677.561  | 211.743 |

| No | x  | y       | x <sup>2</sup> | y <sup>2</sup> | x.y       |
|----|----|---------|----------------|----------------|-----------|
| 4  | 4  | 75.245  | 16             | 5.661.810.025  | 300.980   |
| 5  | 5  | 80.366  | 25             | 6.458.693.956  | 401.830   |
| Σ  | 15 | 347.248 | 55             | 24.454.099.310 | 1.099.647 |

$$Y = a + bx$$

$$b = \frac{(n \sum xy - \sum x \sum y)}{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)}$$

$$b = \frac{[(5 \times 1.099.647) - (15 \times 347.248)]}{[(5 \times 55) - (15)^2]}$$

$$b = 5.790,3$$

$$a = \frac{(\sum y - b \sum x)}{n}$$

$$a = \frac{[347.248 - (15 \times 5.790,3)]}{5}$$

$$a = 52.078,7$$

Sehingga diperoleh:

$$Y = 52.078,7 + 5.790,3x$$

Koefisien Determinasi

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

$$r = \frac{(5 \times 1.099.647) - (15 \times 347.248)}{\sqrt{[(5 \times 55) - (15)^2][(5 \times 24.454.099.310) - (347.248)^2]}}$$

$$r = 0,996161411 = 99,62\%$$

Tabel 9. Proyeksi pertumbuhan lalu lintas pada tahun 2022-2032

| No | Tahun | x  | Y = 52.078,7 + 5.790,3x |
|----|-------|----|-------------------------|
| 1  | 2022  | 6  | 86.820,5                |
| 2  | 2023  | 7  | 92.610,8                |
| 3  | 2024  | 8  | 98.401,1                |
| 4  | 2025  | 9  | 104.191,4               |
| 5  | 2026  | 10 | 109.981,7               |
| 6  | 2027  | 11 | 115.772,0               |
| 7  | 2028  | 12 | 121.562,3               |
| 8  | 2029  | 13 | 127.352,6               |
| 9  | 2030  | 14 | 133.142,9               |
| 10 | 2031  | 15 | 138.933,2               |
| 11 | 2032  | 16 | 144.723,5               |

Menghitung persentase angka pertumbuhan lalu lintas:

$$i = \sqrt[16]{\frac{144.723,5}{86.820,5}} - 1 \times 100\%$$

$$i = 9,73\%$$

Didapat angka pertumbuhan  $i = 9,73\%$  maka dengan menggunakan data arus volume saat ini, kita dapat memperkirakan besarnya volume arus kendaraan pada tahun ramalan.

### 3.5. Kapasitas dan Kinerja Lalu Lintas Untuk Tahun 2022

#### a. Arus Lalu Lintas Total (Q)

$$Q = Q_{MC} (emp_{MC}) + Q_{LV} (emp_{LV}) + Q_{HV} (emp_{HV})$$

$$Q = (1.588 \times 0,25) + (191 \times 1) + (28 \times 1,2)$$

$$Q = 621,6 \approx 622 \text{ Smp/Jam}$$

#### b. Kapasitas

$$C = 2900 \times 0,935 \times 1,00 \times 0,92 \times 0,90$$

$$= 2245 \text{ smp / jam}$$

#### c. Derajat Kejenuhan (DS)

$$DS = \frac{622}{2245} = 0,28 < 0,75$$

Jadi, nilai derajat jenuh untuk tahun 2022 adalah 0,28 dengan tingkat pelayanan kelas B

### 3.6. Kapasitas dan Kinerja Lalu Lintas Untuk Tahun 2032

#### a. Arus Lalu Lintas kend/jam

$$Q_{dMC} = 1588 \times (1 + (9,73/100))^{11} = 4.411,486 \text{ kend/jam}$$

$$Q_{dLV} = 191 \times (1 + (9,73/100))^{11} = 530,601 \text{ kend/jam}$$

$$Q_{dH} = 28 \times (1 + (9,73/100))^{11} = 77,784 \text{ kend/jam}$$

$$Q\Sigma = 5.019,871 \text{ kend/jam}$$

$$= 5.020 \text{ kend/jam}$$

#### b. Arus Lalu Lintan Total

$$Q = Q_{MC} (emp_{MC}) + Q_{LV} (emp_{LV}) + Q_{HV} (emp_{HV})$$

$$Q = (4.411,486 \times 0,25) + (530,601 \times 1) + (77,784 \times 1,2)$$

$$Q = 1.726,81 \approx 1.727 \text{ Smp/Jam}$$

#### c. Kapasitas (C)

$$C = 2900 \times 0,935 \times 1,00 \times 0,92 \times 0,90$$

$$= 2245 \text{ smp / jam}$$

#### d. Derajat Kejenuhan (DS)

$$DS = \frac{1.727}{2.245} = 0,77 > 0,75$$

Jadi, nilai derajat jenuh untuk tahun 2032 adalah 0,77 dengan tingkat pelayanan kelas D

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang dilakukan pada Jalan Pembangunan didapatkan hasil perhitungan kapasitas jalan dengan Model *Greenshield*, *Greenberg* dan *Underwood* menghasilkan tiga hubungan variable Volume, Kecepatan dan Kepadatan lalu lintas yaitu Hubungan Volume dengan Kecepatan ialah semakin meningkatnya volume kendaraan maka kecepatan semakin rendah, Hubungan Volume dengan Kepadatan yaitu semakin meningkatnya volume kendaraan maka kepadatan juga meningkat, serta Hubungan Kepadatan dengan Kecepatan yaitu semakin meningkatnya kepadatan maka kecepatan kendaraan rendah.

Dari hasil analisis model hubungan matematis yang memiliki koefisien determinasi tertinggi yaitu untuk Model *Greenshield*: Sesuai data 7 hari survey yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Jumat dengan  $R^2 = 0,4652$  dengan persamaan Hubungan (S-D)  $S = 38,553 - 1,391 D$ , Hubungan (V-D)  $V = 38,553 D - 1,391 D^2$  dan Hubungan (V-S)  $V = 27,722 S - 0,719 S^2$ . Model *Greenberg*: sesuai data 7 hari survey yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Jumat dengan  $R^2 = 0,4703$  dengan persamaan Hubungan (S-D)  $S = 41,636 - 6,302 \text{ Ln}D$ , Hubungan (V-D)  $V = 41,636 D - 6,302 \text{ Ln}D$  dan Hubungan (V-S)  $V = 739,958 S e^{-0,159 \cdot S}$ . Dan untuk Model *Underwood*: Sesuai data 7 hari survey yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Jumat dengan  $R^2 = 0,4595$  dengan persamaan Hubungan (S-D)  $Lns = 3,670 - 0,044 D$ , Hubungan (V-D)  $V = 39,245 D e^{-0,044 D}$  dan Hubungan (V-S)  $V = 83,938 S - 22,873 S \text{Ln}S$ .

Hasil analisis kinerja jalan untuk 10 tahun kedepan didapatkan derajat kejenuhan 0,77 lebih besar dari 0,75 untuk kedua arah. Ini menyatakan keadaan jalan tersebut untuk 10 tahun kedepan berada pada tingkat pelayanan kelas D dengan indikasi arusnya hampir mulai menjadi tidak tetap, kecepatan bisa dikontrol.

## REFERENSI

- [1] S. Sujatini, "Koridor Jalan pada Hunian padat di Kota Besar sebagai area Ekonomi Kreatif Masyarakat," *IKRA-ITH Teknol. J. Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, pp. 46–52, 2019.
- [2] S. C. P. Indah, D. P. Lolo, and M. Akbar, "Analisa Tundaan Kendaraan Yang Melakukan Putar Balik Arah Pada Jalan Raya Mandala Bampel," *Musamus J. Civ. Eng.*, vol. 6, no. 02, pp. 58–63, 2024.
- [3] Y. Annafi, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kemacetan Lalu-Lintas Di Kawasan Kota Lama Semarang (Studi Kasus Pada Ruas Jalan Letjen Suprpto Kota Semarang)," *Skripsi*, 2021.



- [4] H. A. Karim *et al.*, *Manajemen transportasi*. Cendikia Mulia Mandiri, 2023.
- [5] T. Apriyono and D. P. Rumlus, "Analisis faktor-faktor yang mengakibatkan kemacetan lalu lintas pada ruas jalan budi utomo dan jalan hasannudin di kota timika," *J. Krit. (Kebijakan, Riset, dan Inovasi)*, vol. 5, no. 2, pp. 96–114, 2021.
- [6] R. M. Karapa, M. Akbar, and D. S. Nababan, "Analisis Biaya Kecelakaan Lalu Lintas di Kabupaten Merauke," *Bomi J. Eng. Technol.*, vol. 1, no. 02, pp. 53–62, 2024.
- [7] M. I. Ali and M. R. Abidin, "Pengaruh kepadatan penduduk terhadap intensitas kemacetan lalu lintas di Kecamatan Rappocini Makassar," 2019.
- [8] B. Saputra and D. Savitri, "Analisis Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu-Lintas Berdasarkan Model Greenshield, Greenberg dan Underwood," *J. Manaj. Aset Infrastruktur Fasilitas*, vol. 5, no. 1, 2021.
- [9] G. N. Abdi, S. Priyanto, and S. Malkamah, "Hubungan Volume, Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman," *Teknisia*, pp. 55–64, 2019.
- [10] S. Kurniawan and A. Surandono, "Analisis Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kinerja Ruas Jalan Brigjend Sutiyoso Kota Metro," *TAPAK (Teknologi Apl. Konstr. J. Progr. Stud. Tek. Sipil)*, vol. 8, no. 2, pp. 179–192, 2019.
- [11] M. Z. Iqbal, M. Yunus, H. Pramono, and A. Khamid, "Analisis Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalu Lintas dengan Metode Greenshields," *Era Sains J. Penelit. Sains, Keteknikan dan Inform.*, vol. 1, no. 3, pp. 30–47, 2023.
- [12] S. Wang, D. Yu, M.-P. Kwan, L. Zheng, H. Miao, and Y. Li, "The impacts of road network density on motor vehicle travel: An empirical study of Chinese cities based on network theory," *Transp. Res. part A policy Pract.*, vol. 132, pp. 144–156, 2020.
- [13] S. Das and I. Tsapakis, "Interpretable machine learning approach in estimating traffic volume on low-volume roadways," *Int. J. Transp. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 1, pp. 76–88, 2020.
- [14] A. E. Retallack and B. Ostendorf, "Relationship between traffic volume and accident frequency at intersections," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 4, p. 1393, 2020.
- [15] H. K. Gaddam and K. R. Rao, "Speed–density functional relationship for heterogeneous traffic data: a statistical and theoretical investigation," *J. Mod. Transp.*, vol. 27, pp. 61–74, 2019.
- [16] K. S. Sushmitha, V. N. S. Kumar, P. Dhanabal, and P. N. Reddy, "A Complete Survey on Traffic Volume at Tirupati City, Andhra Pradesh, India".
- [17] N. K. Jain, R. K. Saini, and P. Mittal, "A review on traffic monitoring system techniques," *Soft Comput. Theor. Appl. Proc. SoCTA 2017*, pp. 569–577, 2019.
- [18] T. Tsuboi and N. Yoshikawa, "Traffic flow analysis in Ahmedabad (India)," *Case Stud. Transp. Policy*, vol. 8, no. 1, pp. 215–228, 2020.
- [19] P. E. Apteda and S. Zainab, "Analysis Of The Relationship Volume Density And Traffic Speed On Street Sruni Buduran Sidoarjo With Greenshields Method," *J. Manag. Econ. Financ.*, vol. 1, no. 2, pp. 37–50, 2023.
- [20] Y. Xing and Y. Hao, "Research on travel time prediction of expressway in peak period based on Greenberg model," *Int. J. Simul. Process Model.*, vol. 19, no. 1–2, pp. 54–61, 2022.
- [21] A. Gaus, T. Y. S. Muhammad, U. S. H. Ambo, and N. Liska, "Mathematical model of traffic speed and capacity in the archipelago base," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021, vol. 1125, no. 1, p. 12023.
- [22] W. Zhang, R. Li, P. Shang, and H. Liu, "Impact analysis of rainfall on traffic flow characteristics in Beijing," *Int. J. Intell. Transp. Syst. Res.*, vol. 17, pp. 150–160, 2019.
- [23] Badan Pusat Statistik Kabupaten Merauke, "Kabupaten Merauke Dalam Angka Tahun 2023," 2023.