

## HUBUNGAN KECEPATAN, VOLUME DAN KEPADATAN LALULINTAS DI JALAN DR. RATULANGI (DEPAN CITY MARKET PALOPO) MENGUNAKAN MODEL GREENSHIELDS

Abdias Tandi Arrang

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Toraja.  
Jl. Nusantara No. 12, Makale, Tana Toraja, Sulawesi Selatan

### ABSTRAK

Terbangunnya City Market Palopo sebagai salah satu pusat perbelanjaan di Kota Palopo memberikan dampak pada bertambahnya volume lalu lintas di Jalan Dr. Ratulangi, di mana jalan tersebut merupakan salah satu jalan utama yang menjadi penghubung antara Makassar sebagai ibu kota Propinsi Sulawesi Selatan ke daerah seperti Luwu Utara, Luwu Timur bahkan ke Propinsi Sulawesi Tengah, dan Sulawesi Tenggara. Adanya peningkatan volume lalu lintas akan menyebabkan berubahnya perilaku lalu lintas. Secara teoritis terdapat hubungan yang mendasar antara volume (flow) dengan kecepatan (speed) serta kepadatan (density). Penelitian dilakukan dengan survey arus, kecepatan dan mengambil data geometrik pada lokasi penelitian. Data kemudian diolah dan dianalisis dengan metode Greenshields. Dari analisis tersebut diperoleh persamaan hubungan antara volume dan kepadatan adalah  $Q = 30.766 D - 0.081 D^2$ , sementara persamaan hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah  $S = 30.766 - 0.081 D$  dan persamaan hubungan antara kecepatan dan volume adalah  $Q = 377.144 - 12.258 S^2$ . Analisis menunjukkan bahwa grafik hubungan antara arus, kecepatan dan kepadatan sesuai dengan model Greenshields.

Kata Kunci: Kecepatan, volume, kepadatan, lalu lintas dan Greenshields

### 1. PENDAHULUAN

Pembangunan sebuah pusat perbelanjaan akan selalu berdampak pada lalu lintas di sekitarnya. Kehadiran City Market sebagai pusat perbelanjaan di Kota Palopo menarik pengunjung dari berbagai daerah disekitar Palopo misalnya, Luwu, Luwu Utara, Luwu Timur bahkan dari Toraja Utara dan Tana Toraja. Hal ini memberikan pengaruh besar pada lalu lintas di Jl. Dr. Ratulangi di mana City Market berada. Untuk mengetahui bagaimana kondisi parameter lalu lintas saat ini utamanya terkait kecepatan, volume, kepadatan dan hubungan antara ketiga parameter tersebut maka perlu dilakukan suatu penelitian.

### 2. KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Parameter Lalu Lintas

Analisis karakteristik untuk suatu ruas jalan dapat dilakukan dengan mempelajari hubungan matematis antara kecepatan ( $S$ ), kepadatan ( $D$ ) dan volume ( $V$ ) lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan tersebut. Menurut Tamin (2008), hubungan matematis antara kecepatan, kepadatan dan volume lalu lintas dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$V = D \cdot S \dots\dots\dots (1)$$

Dimana

- $V$  = volume lalu lintas kendaraan/jam)
- $D$  = kepadatan lalu lintas kendaraan/km)
- $S$  = kecepatan (km/jam)

#### 2.2 Ekuivalen Mobil Penumpang

Dalam Leksmono (2016) disebutkan bahwa satuan mobil penumpang (SMP)

adalah suatu ukuran yang menunjukkan ruang jalan yang dipergunakan oleh suatu jenis kendaraan serta kemampuan manuvernya.

Ekivalen mobil penumpang (EMP) untuk masing-masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan dan arus lalu lintas total dinyatakan dalam 1 jam.

**Tabel 1.** Ekivalensi mobil penumpang (EMP) untuk jalan perkotaan tak terbagi

Tipe Jalan	Arus lalu lintas per jalur (Kend/jam)	EMP		
		HV	MC	
			Lebar lajur LL (m)	
			≤ 6	> 6
Dua Lajur Tak Terbagi (2/2 UD)	<800	1,3	0,5	0,4
	≥1800	1,2	0,35	0,25
Empat Lajur Tak terbagi (4/2 UD)	<1800	1,3		
	≥1800	1,2		

Sumber : MKJI 1997

Nilai SMP untuk tiap jenis kendaraan berbeda berdasarkan koefisien ekivalen mobil penumpang (EMP).

Perhitungan dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang, dan sore.

Perhitungan volume lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$Q_{Tot} = \sum Q_i \cdot EMP_i \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- $Q_{Tot}$  = Volume lalu lintas (smp/jam).
- $Q_i$  = Volume kendaraan menurut jenis kendaraan
- $EMP_i$  = Ekivalen kendaraan penumpang menurut jenis kendaraan

### 2.3 Karakteristik Lalu Lintas

Karakteristik lalu lintas menjelaskan arus secara kuantitatif dalam kaitannya dengan volume, kecepatan, kepadatan lalu lintas serta hubungannya dengan waktu maupun jenis kendaraan yang menggunakan ruang jalan yang diperlukan untuk menjadi acuan dalam perencanaan lalu lintas.

Arus dan volume lalu lintas pada suatu jalan biasanya diukur berdasarkan jumlah kendaraan yang melalui suatu titik selama selang waktu tertentu. Volume ini diukur dengan cara manual.

Menurut Morlok (1988), perhitungan dapat dilakukan untuk kendaraan pada satu jalur gerak atau pada banyak jalur gerak yang sejajar dan dapat juga merupakan jumlah kendaraan yang bergerak pada satu arah ataupun pada semua arah. Berdasarkan penyesuaian kendaraan terhadap satuan mobil penumpang volume lalu lintas dapat dihitung dengan persamaan (3).

$$Q = \frac{n}{T} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- $Q$  = Volume lalu lintas (smp/jam).
- $n$  = Jumlah kendaraan yang melewati titik tersebut dalam waktuinterval waktu pengamatan.
- $T$  = Interval waktu pengamatan.

Kecepatan didefinisikan sebagai laju dari suatu pergerakan kendaraan dihitung dalam jarak per satuan waktu. Kecepatan lalu lintas pada suatu lokasi jalan tergantung pada beberapa faktor yang berhubungan dengan kondisi daerah setempat. Besaran ini sangat bervariasi tiap jam per hari, pada setiap bulan per tahun dan karakternya berubah-ubah. Karakteristik kecepatan kendaraan

diwaktuwaktu sibuk dengan waktu-waktu tidak sibuk pada jalur jalan seringkali berbeda dari waktu ke waktu. Perhitungan kecepatan lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$S = \frac{TT}{L} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

- S = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)
- L = Panjang segmen jalan (km)
- TT = waktu tempuh rata-rata (jam)

Karakteristik arus lainnya yang penting adalah kepadatan. Kepadatan adalah rata-rata jumlah kendaraan per satuan panjang jalan. Kepadatan juga dapat di definisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan atau lajur, secara umum dapat diekspresikan dalam kendaraan per mil (vpm) atau kendaraan per mil per lane (vpmpl).

Kepadatan sulit di ukur secara langsung di lapangan melainkan di hitung dari nilai kecepatan dan arus dengan menggunakan persamaan :

$$D = \frac{Q}{S} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

- D = Kecepatan kendaraan (kend/m)
- Q = Volume lalu lintas (Smp/Jam)
- S = Kecepatan kendaraan Rata-rata (Km/Jam)

## 2.4 Model Greenshields

Metode *Greenshields* adalah salah satu model yang digunakan untuk mempresentasikan hubungan matematis antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas. Metode *Greenshields* merumuskan bahwa hubungan matematis antara kecepatan – kepadatan diasumsikan linear (Tamin, 2000),

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

- S = Kecepatan (km/jam)
- S<sub>ff</sub> = Kecepatan pada saat kondisi lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati nol atau kecepatan mendekati nol atau kecepatan volume bebas (km/jam)
- D<sub>j</sub> = Kepadatan pada kondisi volume lalu lintas macet total (kend/ km)

## 2.5 Analisa Regresi Linear

Model volume lalu lintas yang umum digunakan untuk menentukan karakteristik seperti kecepatan dan kepadatan adalah analisa regresi. Analisa ini digunakan untuk meminimalkan nilai kuadrat antar observasi dan nilai perkiraan dari variabel tidak bebas.

Bila variabel tidak bebas linier terhadap variabel bebas maka hubungan tersebut dikenal dengan analisa regresi linier. Bila variabel tidak bebas y dan variabel bebas x mempunyai hubungan linear maka fungsi regresi seperti pada persamaan (7) dan (8).

$$B = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(7)$$

$$A = \bar{Y} - B \bar{X} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

- n = Jumlah dari data yang di peroleh.
- Σx = Jumlah Observasi ke i untuk x
- Σy = Jumlah Observasi ke i untuk y

### a) Hubungan Kecepatan - Kepadatan

Hubungan antara Kecepatan dan kepadatan secara linier menurut *Greenshields* seperti pada persamaan (9).

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D \dots\dots\dots(9)$$

b) Hubungan Volume - Kecepatan  
 Analisis hubungan volume dan kecepatan merupakan fungsi parabolik Dengan menggunakan persamaaan (10).

$$Q = D_j \cdot S - \frac{D_j}{S_{ff}} \cdot S^2 \dots\dots\dots(10)$$

c) Hubungan Volume – Kepadatan  
 Analisis hubungan volume dan kepadatan juga merupakan fungsi parabolic digunakan persamaaan (11):

$$Q = D \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot S^2 \dots\dots\dots(11)$$

Kepadatan maksimum diperoleh dengan menggunakan persamaan (12)

$$D_m = \frac{D_j}{2} \dots\dots\dots(12)$$

Kecepatan saat volume maksimum didapat dengan menggunakan persamaan (13).

$$S_m = \frac{S_{ff}}{2} \dots\dots\dots(13)$$

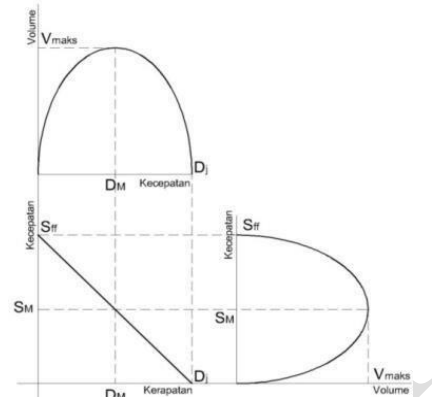
Volume maksimum di dapat dengan menggunakan persamaan (14):

$$V_m = \frac{D_i \cdot S_{ff}}{4} \dots\dots\dots(14)$$

## 2.6 Model Hubungan Grafis antara Kecepatan, Volume dan Kepadatan

Hubungan antara kecepatan, volume dan kepadatan dapat digambarkan seara grafis dengan menggunakan persamaan matematis yang merupakan persamaan dasar dari pergerakan arus lalulintas. Gambar 2.1 memperlihatkan saling keterkaitan antara variable

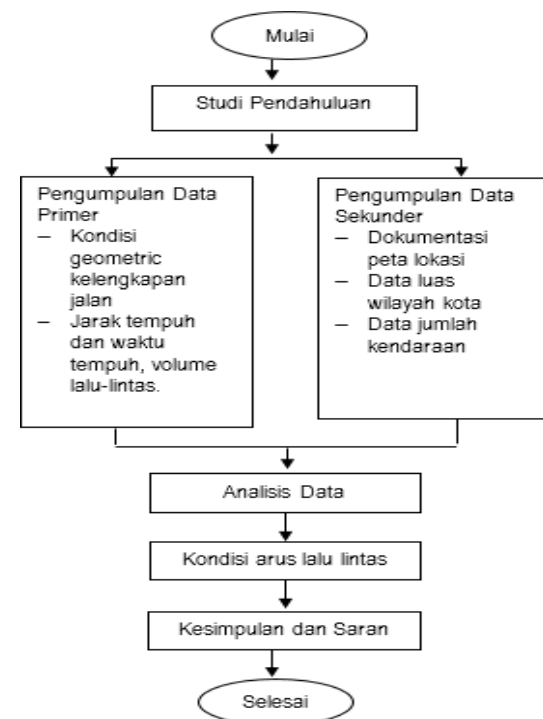
kecepatan, volume dan kepadatan dari suatu pergerakan arus lalulintas.



**Gambar 2.1** Hubungan matematis antar volume, kecepatan dan kepadatan (Tamin, 2000)

## 3. METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan pengumpulan data arus dan kecepatan lalu lintas melalui survey langsung di lapangan. Survey dilakukan selama 7 (tujuh) hari, untuk menggambarkan kondisi lalu lintas selama 1 (satu) minggu, dan mulai dari pukul 06.00 – 21.00, di mana waktu tersebut adalah waktu lalu lintas yang padat di Jl. Dr. Ratulangi. Alur penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1.** Baglan Alur Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Karakteristik dan Geometrik Jalan

Dari pengamatan secara visual pada ruas jalan DR. Ratulangi diperoleh data sebagai berikut :

- Jalan DR. Ratulangi merupakan jalan perkotaan.
- Arus kendaraan terbesar terjadi pada hari Senin (sebagai hari sibuk).
- Tipe arus lalu lintas adalah 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD).

Hasil pengukuran geometrik jalan di tampilkan pada tabel 2.

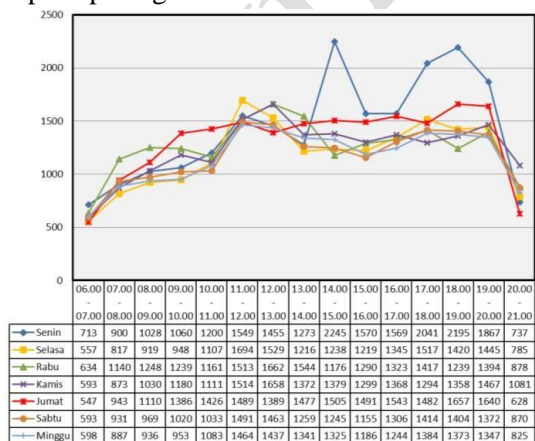
**Tabel 2** : Data Geometrik pada ruas Jl. Dr. Ratulangi Palopo

Panjang jalan yang diamati	500 m
Lebar lajur	2 x 4,5 m
Lebar bahu jalan	1 m
Lebar perkerasan	9 m

Sumber: Hasil Penelitian

### 4.2 Analisis Volume Lalu Lintas

Hasil survey volume lalu lintas di lokasi penelitian setelah diolah dengan menggunakan persamaan (2) diperoleh hasil seperti pada gambar 4.1.

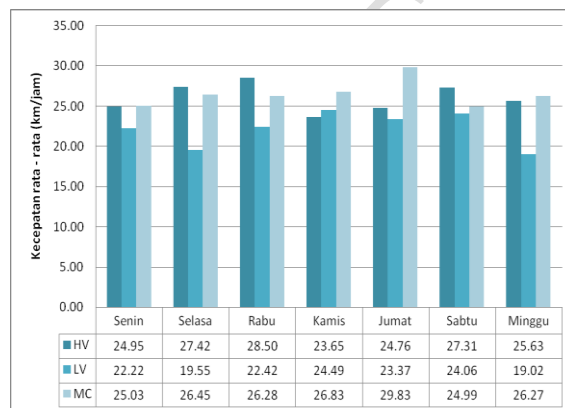


**Gambar 4.1:** Grafik volume lalu lintas di lokasi penelitian (Jl. Dr. Ratulangi)

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.1., volume kendaraan tertinggi terjadi pada hari Senin pukul 14.00 dan 18.00 wit

### 4.3 Analisis Kecepatan Lalu Lintas

Analisis pada data kecepatan lalu lintas pada lokasi penelitian setelah diolah dengan menggunakan persamaan..... diperoleh hasil seperti pada Gambar 4.2



**Gambar 4.2** : Grafik kecepatan rata-rata tiap jenis kendaraan (km/jam) di lokasi penelitian (Jl. Ratulangi)

Dari grafik kecepatan diatas dijelaskan bahwa

- Kecepatan maksimum kendaraan berat (HV) pada saat pengamatan sebesar 26.90 km/jam terjadi pada hari Jumat, sedangkan kecepatan minimum terjadi pada hari Kamis sebesar 23.16 km/jam.
- Kecepatan maksimum kendaraan Ringan (LV) terjadi pada hari Rabu sebesar 26.06 km/jam, sedangkan kecepatan minimum kendaraan sebesar 17.29 km/jam terjadi pada hari Senin
- Kecepatan maksimum kendaraan sepeda motor (MC) terjadi pada hari Selasa sebesar 31.89 km/jam, sedangkan kecepatan minimum kendaraan sebesar 23.75 km/jam terjadi pada hari Sabtu.

### 4.4 Analisis Kepadatan Lalu Lintas

Perhitungan kepadatan kendaraan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5), selengkapnya hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3** : Data kepadatan lalu lintas di Lokasi Penelitian (Jl. Dr. Ratulangi)

Hari Pengamatan	Volume (smp/jam)	Kecepatan (km/jam)	Kepadatan (smp/km)
Senin	1425	22.97	62.05
Selasa	1182	26.06	45.36
Rabu	1249	26.61	46.93
Kamis	1247	24.36	51.19
Jumat	1320	26.09	50.59
Sabtu	1169	23.87	48.98
Minggu	1162	26.74	43.46
Rata - Rata			49.79

Sumber: Hasil Penelitian

#### 4.5 Analisis Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kerapatan

Perhitungan hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan lalu lintas dapat dihitung menggunakan persamaan (7) dan (8). Sehingga diperoleh nilai :

$$A = S_{ff}$$

$$S_{ff} = \frac{A}{B}$$

Dengan menggunakan nilai  $S_{ff}$  dan  $D_j$ , dan menggunakan persamaan (9), maka dapat ditentukan hubungan matematis antar parameter. Tabel 4. memperlihatkan perhitungan untuk jalan DR. Ratulangi dengan menggunakan metode Greenshields.

**Tabel 4** . Data perhitungan di Lokasi Penelitian (Jl. Dr. Ratulangi) metode Greenshields

Hari Pengamatan	Arus (V) A	Kecepatan (S) = Y B	Kepadatan (D) = X	X <sup>2</sup>
			C = A/B	D = C <sup>2</sup>
Senin	2245	22.97	97.752	9555.391
Selasa	1694	26.06	65.008	4226.024
Rabu	1662	26.61	62.452	3900.279
Kamis	1658	24.36	68.064	4632.678
Jumat	1657	26.09	63.500	4032.2237
Sabtu	1491	23.87	62.475	3903.083
Minggu	1464	26.74	54.752	2997.833
Jumlah	11871	176.70	474.002	33247.512
Rata-rata		25.242	67.715	

Sumber: Hasil Penelitian

$$\Sigma X = 474.002$$

$$\Sigma y = 176.70$$

$$\Sigma xy = 11871$$

$$\Sigma x^2 = 33247.512$$

Menentukan nilai  $S_{ff}$  dan  $D_j$  menggunakan persamaan (7) dan (8) sebagai berikut :

$$B = \frac{n \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$= \frac{(7) \times (11871) - (474.002) \times (176.70)}{(7) \times (33247.512) - (474.002)^2}$$

$$= -0.0816$$

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

$$= (25.2422) - (-0.0816) (67.7146)$$

$$= 30.7661$$

Sehingga dengan menggunakan persamaan (9) diperoleh nilai :

$$A = S_{ff} = 30.7661 \text{ km/jam}$$

$$D_j = -\frac{A}{B} = \frac{30.766}{(-0.0816)}$$

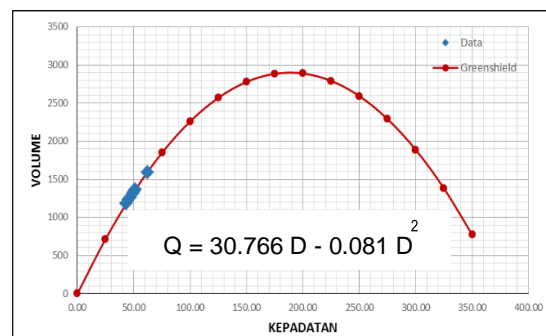
$$= 377.144 \text{ smp/jam}$$

a) Hubungan Volume – Kepadatan  
Dengan menggunakan persamaan (11) dapat dihitung hubungan volume – kepadatan seperti di bawah ini :

$$Q = D \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot S^2$$

$$= 30.76612 \cdot D - \left( \frac{30.76612}{377.144} \right) \cdot D^2$$

$$Q = 30.766 D - 0.081 D^2$$



**Gambar 4.3** : Grafik Hubungan antara Volume dan kepadatan di lokasi penelitian (Jl. Dr. Ratulangi)



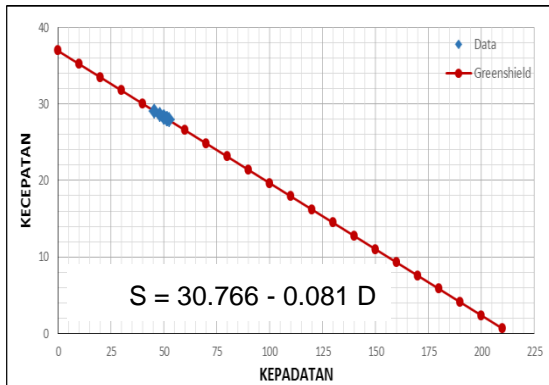
b) Hubungan Kecepatan - Kepadatan

Dengan menggunakan persamaan (9) dapat dihitung hubungan kecepatan - kepadatan seperti dibawah ini:

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D$$

$$S = 30.76612 - \left(\frac{30.76612}{377.144}\right) \cdot D$$

$$S = 30.766 - 0.081 D$$



**Gambar 4.4 :** Grafik Hubungan antara Kecepatan dan kepadatan di lokasi penelitian (Jl. Dr. Ratulangi)

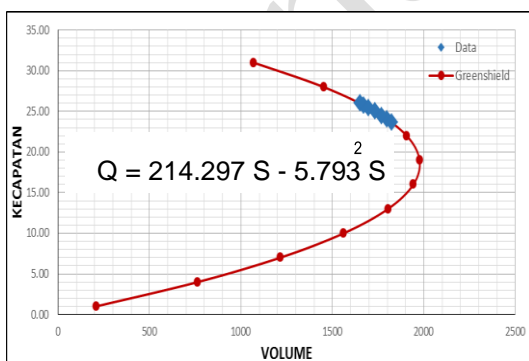
c) Hubungan Kecepatan - Volume

Dengan menggunakan persamaan (10) dapat dihitung hubungan volume - kecepatan seperti dibawah ini :

$$Q = D_j \cdot S - \frac{D_j}{S_{ff}} \cdot S^2$$

$$Q = 214.296 S - \left(\frac{214.297}{36.935}\right) \cdot S^2$$

$$Q = 214.296 S - 5.793 S^2$$



**Gambar 4.5 :** Grafik Hubungan antara Kecepatan dan Volume di lokasi penelitian (Jl. Dr. Ratulangi)

Kepadatan maksimum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (12) berikut ini :

$$D_m = \frac{D_j}{2} = \frac{214.297}{2}$$

$$D_m = 107.148 \text{ km/jam}$$

Jadi kepadatan maksimum = 107.15 smp/km.

Kecepatan saat volume maksimum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (13) berikut ini :

$$S_m = \frac{S_{ff}}{2}$$

$$S_m = \frac{36.955}{2}$$

$$S_m = 18.48 \text{ km/jam}$$

Sehingga kecepatan saat volume maksimum = 18.48 km/jam

Volume maksimum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (14) berikut ini:

$$V_m = \frac{D_i \cdot S_{ff}}{4}$$

$$= \frac{214.297 \times 36.955}{4}$$

$$V_m = 1979.82 \text{ smp/jam}$$

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Volume arus kendaraan tertinggi terjadi pada hari Senin, pukul 14.00-15.00 wita sebesar 2245 smp/jam.
2. Kecepatan rata-rata dari setiap jenis kendaraan 25.24 km/jam, kecepatan maksimum sebesar 26.74 km/jam dan kecepatan minimumnya sebesar 22.97 km/jam.
3. Kepadatan rata-rata ruas jalan sebesar 49,79 smp/km
4. Untuk perencanaan lalu lintas dapat menggunakan metode Greenshields dengan hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan dengan menggunakan adalah sebagai berikut:

- Hubungan antara volume dan kepadatan :  $Q = 30.766 D - 0.081 D^2$
- Hubungan antara kecepatan dan kepadatan :  $S = 30.766 - 0.081 D$
- Hubungan antara kecepatan dan volume :  $377.144 - 12.258 S^2$

## 5.2 Saran

1. Dibutuhkan data pengamatan/survey yang lebih banyak sehingga memberikan hasil lebih mendekati kenyataan.
2. Membuat analisis hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan dengan metode lain sebagai pembanding.

## DAFTAR PUSTAKA

1. \_\_\_\_\_, 1997, Manual Kapasitas Jalan Indonesia, Dirjen Bina Marga, Jakarta.
2. Morlok, E. K, 1984, Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi, Erlangga, Jakarta.
3. Putranto, Leksmono Suryo, 2016, Rekayasa Lalu Lintas, Indeks, Jakarta.
4. Tamin, Ofyar Z., 2008, Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Penerbit ITB, Bandung