

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jalan A.H. Nasution Medan merupakan salah satu jalan besar yang menghubungkan daerah medan johor, medan tuntungan, dan medan polonia, Ruas jalan A.H. Nasution merupakan jalan arteri yang digunakan sebagai akses dan mobilitas utama untuk menghubungkan lokasi-lokasi vital di kota Medan. Tata guna di ruas jalan tersebut terdiri dari pusat pelayanan, pusat pemerintahan, pusat kegiatan, pusat perbelanjaan dan kawasan sekolah. Hal tersebut menjadikan ruas jalan A.H. Nasution memiliki permasalahan transportasi, antara lain pertumbuhan penduduk akan berpengaruh pada aktifitas kanan kiri jalan terjadilah permasalahan karakteristik arus lalu lintas yang berakibat tingkat pelayanan jalan menurun dan kinerja lalu lintas tidak optimal.

Hal Ini yang membuat saya mengangkat judul ini untuk diteliti lebih lanjut dikarenakan didaerah ini akan ada peningkatan aktivitas kanan kiri kedepan jalan, mulai pedagang kaki lima, footcourt, secara lalu lintas ini akan menghambat laju lalu lintas. Mengingat wilayah medan johor merupakan kawasan padat penduduk, ini berpeluang akan bertambahnya aktivitas pada kana kiri jalan yang berpengaruh pada jalan ini terlebih saat pagi atau sore hari. Melihat kondisi transportasi yang terjadi di ruas jalan A.H. Nasution , saya perlu melakukan penelitian mengenai karakteristik arus lalu lintas untuk

meningkatkan keamanan, keselamatan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas untuk kedepan.

Terdapat 3 parameter utama yaitu volume, kecepatan dan kepadatan, digunakan metode pendekatan untuk memahami kondisi lalu lintas dan karakteristik arus lalu lintasnya dengan menjabarkannya dalam model hubungan matematis dan grafis. Model yang digunakan untuk menganalisa hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas yaitu model greenshield, model greenberg dan model underwood. Dari penerapan pendekatan model tersebut, maka dapat diketahui karakteristik jalan.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Penigkatan jumlah kendaraan kedepan yang berdampak pada kecepatan kendaraan berkurang dan kepadatan bertambah. Pada jalan A.H. Nasution, permasalahan yang terjadi meliputi kendaraan mobil penumpang yang berhenti atau parkir sebarangan dibahu ini yang paling banyak ditemukan disepanjang jalan a.h nasution, kemudia adanya pedagang kaki lima yang berjualan diatas trotoar atau pinggiran bahu jalan, angkutan umum yang berhenti sembarangan, kendaraan yang keluar masuk dari gang-gang kecil, dan ada juga kendaraan yang melawan arus. Walaupun saat ini belum terjadi permasalahan yang sikmifikan.

Berdasarkan probabilitas, di jalan A.H. Nasution adanya berbagai macam kendaraan, mulai dari sepeda motor, mini bus, truk trailer, dari semua jenis kendaraan tadi maka kemungkinan akan terjadi permasalahan lalu lintas

kedepan dan bagaimana ruas jalan itu mampu mengantisipasi lonjakan pertumbuhan kedepan maka diperlukan karakteristik jalan tersebut dari sekarang.

#### **1.4 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana persamaan antara kecepatan-kepadatan, volume-kecepatan, dan volume-kepadatan?
2. Berapa nilai arus bebas dan kepadatan pada kondisi macet total?
3. Bagaimana kondisi lalu lintas dapat terjadi pada volume maksimum?

#### **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini mempunyai arah yang jelas sesuai tujuan penelitian dan untuk menghindari penelitian yang terlalu luas, maka peneliti membuat batasan masalah yang menitik beratkan pada:

1. Lokasi penelitian berada pada ruas jalan A.H.Nasution medan depan kantor Bank BNI Syariah sampai Rumah makan Padang Raya.
2. Penelitian ini mengambil ruas terpanjang setelah u-turn hingga sampai ke u- turn berikutnya sepanjang 500 meter.
3. Survei dilakukan selama 3 (tiga) hari, 2 (dua) hari pada hari kerja (puncak/sibuk) yaitu (Sabtu dan Senin) dan 1 (satu) hari pada hari biasa (Selasa).
4. Pengamatan dan pengumpulan data volume dan kecepatan kendaraan pada waktu pagi hari (07:00) s/d (10:00), siang hari (11:00) s/d (13:00), sore hari (15:00) s/d (18:00) dan dilakukan pencatatan dengan

interval waktu 15 menit.

5. Jenis kendaraan meliputi kendaraan ringan, kendaraan berat menengah, dan sepeda motor.
6. Metode untuk mengambil kecepatan kendaraan menggunakan kecepatan perjalanan (over all speed), dengan menggunakan sampel yang memiliki smp 1 (satu) yaitu kendaraan ringan.

### **1.5 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui persamaan antara kecepatan-kepadatan, volume-kecepatan, dan volume-kepadatan.
2. Mengetahui berapa nilai arus bebas dan kepadatan pada kondisi macet total.
3. Bagaimana kondisi lalu lintas dapat terjadi pada volume maksimum.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian dalam penulisan tugas akhir ini adalah ;

1. mengetahui karakteristik arus lalu lintas di Ruas Jalan A.H. Nasution akibat adanya hambatan samping dengan metode Underwood, greenberg, greenshield.
2. Sebagai bahan referensi untuk memberikan gambaran mengenai karakteristik arus lalu lintas di Ruas Jalan A.H. Nasution dengan metode Underwood, greenberg, greenshield. .
3. Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana pada fakultas teknik, jurusan teknik sipil

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dikemukakan beberapa landasan teori dan rumus-rumus yang berkaitan dengan variabel-variabel yang diperlukan pada penulisan ini. Berdasarkan teori dan rumus-rumus tersebut akan ditinjau beberapa aspek yang saling berhubungan antara kecepatan lalu lintas, volume lalu lintas, analisa regresi dan korelasi sehingga tujuan penulisan ini dapat tercapai.

#### **2.1 Karakteristik Lalu Lintas**

Karakteristik umum dari pergerakan lalu lintas sering dinyatakan oleh volume lalu lintas, kecepatan dan kepadatan lalu lintas. Volume lalu lintas, kecepatan dan kepadatan lalu lintas saling berhubungan satu sama lain dalam operasional lalu lintas di jalan. Arus lalu lintas dibentuk oleh pengendara dan kendaraan sehingga terjalin suatu interaksi antara keduanya serta interaksi antara kedua komponen tersebut dengan jalan dan lingkungan. Kendaraan yang memasuki suatu arus lalu lintas tidak mungkin berjalan secara seragam, hal ini disebabkan oleh persepsi dan kemampuan individu pengemudi yang berbeda. Perbedaan ini umumnya disebabkan oleh karakteristik lokal dan kebiasaan pengemudi itu sendiri. karakteristik pola pergerakan lalu lintas tersebut terdiri atas beberapa komponen-komponen lalu lintas yakni Volume (Q), Kecepatan (S), dan Kepadatan (D). Karakteristik arus lalu lintas ini sangat perlu diketahui dan dipelajari karena sangat berguna dalam menganalisa arus lalu lintas pada suatu kondisi tertentu.

## 2.2 Defenisi Parameter Lalu Lintas

Karakteristik arus lalu lintas sangat perlu dipelajari dalam menganalisis arus lalu lintas, Untuk dapat merepresentasikan karakteristik arus lalu lintas dengan baik, dikenal 3 (tiga) parameter utama yang harus diketahui dimana ketiga parameter tersebut saling berhubungan secara matematis satu dengan lainnya, yaitu:

### 2.2.1 Volume Kendaraan

Volume lalu lintas, dinyatakan dengan notasi  $V$  adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dalam suatu ruas jalan sepanjang satuan panjang, juga banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik atau garis tertentu pada suatu penampang melintang jalan. Data pencacahan volume lalu lintas adalah informasi yang diperlukan untuk fase perencanaan, desain, manajemen sampai pengoperasian jalan (Sukirman, 1994).

Menurut Sukirman (1994), volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur, satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan adalah lalu lintas harian rata-rata, volume jam perencanaan dan kapasitas.

Adapun jenis kendaraan yang diamati dalam perhitungan ini adalah diklasifikasikan dalam 3 jenis yaitu :

1. Kendaraan Ringan (Light Vehicle = LV) Kendaraan bermotor beroda empat, dengan dua gandar berjarak 2,0 m – 3,0 m (meliputi : kendaraan penumpang, opelet, mikro bis, angkot, pick up, dan truk kecil).

2. Kendaraan Berat (Heavy vehicle = HV) Kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,50 m, biasanya beroda lebih dari empat (meliputi : bis, truk dua as, truk tiga as, dan truk kombinasi sesuai klasifikasi Bina Marga).
3. Sepeda Motor / Motor Cycle (MC) Kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda (meliputi : sepeda motor, kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Untuk mencari arus lalu lintas total dalam smp/jam adalah sebagai berikut

$$Q_{smp} = (Emp\ LV \times LV + Emp\ HV \times HV + Emp\ MC \times MC) \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

- Q = volume kendaraan bermotor (smp/jam)
- EmpLV = nilai ekuivalen mobil penumpang untuk kendaraan ringan
- EmpHV = nilai ekuivalen mobil penumpang untuk kendaraan berat
- EmpMC = nilai ekuivalen mobil penumpang untuk sepeda motor
- LV = notasi untuk kendaraan ringan
- HV = notasi untuk kendaraan berat
- MC = notasi untuk sepeda motor

Nilai ekivalen mobil penumpang (emp)

### 2.2.2 Kecepatan Kendaraan

Kecepatan lalu lintas pada suatu pias jalan sangat bervariasi, hal ini dipengaruhi oleh faktor pengemudi, faktor lalu lintas dan faktor kendaraan itu sendiri. Menurut Bukhari, et al (2002 : 11),

Kecepatan adalah jarak perpindahan dalam satu satuan waktu. Besarnya kecepatan punya kaitan yang erat dengan jarak perpindahan dan waktu perjalanan. Lebih jauh kecepatan mempunyai hubungan dengan kepadatan lalu lintas, Kenyamanan, keamanan dan murah atau mahal nya perjalanan. Kecepatan kendaraan didefinisikan sebagai perbandingan antara jarak tempuh kendaraan dengan waktu tempuh, dengan satuan panjang persatuan waktu, selanjutnya dinyatakan dengan persamaan :

$$v = t \cdot s \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

$v$  = kecepatan perpindahan kendaraan (km/jam);

$s$  = jarak yang ditempuh (km);

$t$  = waktu dalam menempuh perjalanan (jam)

Bukhari, et al (2002 : 11) mengatakan kecepatan sesungguhnya dari suatu kendaraan pada lintasan tertentu berbeda-beda. Suatu kendaraan pada saat tertentu karena keadaan memungkinkan dapat memperbesar kecepatannya. Selanjutnya mungki saja kecepatan terseut turun. Oleh karena itu kecepatan dapat diklasifikasikan menjadi :



- a) Kecepatan setempat (spot speed), merupakan kecepatan setempat (sesaat) pada lokasi tertentu. Spot speed digunakan untuk mengukur kecepatan lalu lintas pada fasilitas-fasilitas tertentu seperti : jembatan, persimpangan, dan sebagainya.
- b) Kecepatan jalan (running speed), dalah kecepatan rata-rata yang dapat dipertahankan kendaraan selama dalam pergerakan. Variabel waktu yang digunakan dalam menghitung kecepatan ini adalah waktu yang benarbenar dipergunakan untuk bergerak. Waktu berhenti tidak ikut dimasukkan.
- c) Kecepatan perjalanan (over all speed), adalah kecepatan efektif kendaraan dalam menempuh jalan tertentu antara dua lokasi asal dan tujuan. Besarnya diperoleh dengan membagi jarak tempuh dengan total waktu perjalanan termasuk waktu menunggu, waktu berhenti dan waktu bergerak dalam perjalanan. Secara singkat, waktu perjalanan disini adalah sejak waktu berangkat hingga waktu tiba ditempat tujuan.

### 2.2.3 Kepadatan

Kepadatan dapat didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan atau lajur (Morlok, 1991). Kepadatan adalah jumlah kendaraan yang menempati panjang jalan yang diamati dibagi panjang jalan yang diamati tersebut. Kepadatan sulit untuk diukur secara pasti. Kepadatan dapat dihitung berdasarkan kecepatan dan volume. Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan adalah:

$$D = V/S.....(2.3)$$

dimana :

$$D = \text{Kepadatan lalu lintas (smp/km)}$$

$V = \text{Volume lalu lintas (smp/jam)}$

$S = \text{Kecepatan kendaraan (km/jam)}$

### **2.3 Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan**

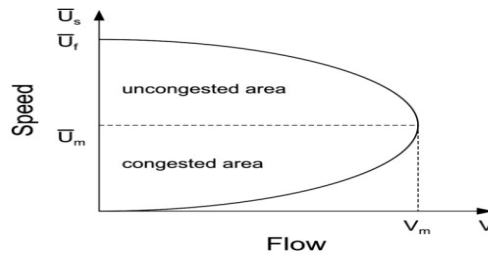
Pada aliran lalu lintas suatu ruas jalan raya terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas, yaitu:

- a. Volume (flow), yaitu jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tinjau tertentu pada suatu ruas jalan per satuan waktu tertentu.
- b. Kecepatan (speed), yaitu jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada ruas jalan per satuan waktu.
- c. Kepadatan (density), yaitu jumlah kendaraan per satuan panjang jalan tertentu.

Variabel-variabel tersebut memiliki hubungan antara satu dengan lainnya. Hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan dapat digambarkan secara grafis dengan menggunakan persamaan matematis (Tamin, 2000).

#### **2.3.1 Hubungan Volume-Kecepatan**

Hubungan mendasar antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai (MKJI, 1997).

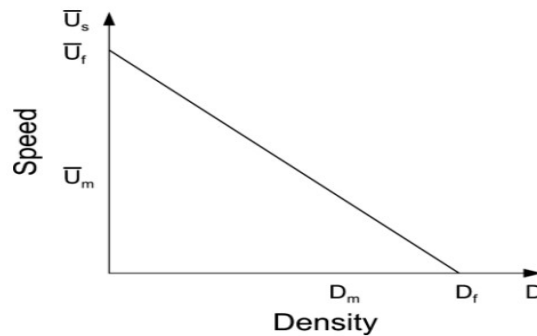


(Sumber: Bagas saputra & Dian savitri departemen matematika universitas negri surabaya)

Gambar 2.1 Hubungan Volume-Kecepatan

### 2.3.2 Hubungan Kecepatan-Kepadatan

Kecepatan akan menurun apabila kepadatan bertambah. Kecepatan arus bebas akan terjadi apabila kepadatan sama dengan nol, dan pada saat kecepatan sama dengan nol maka akan terjadi kemacetan (MKJI, 1997). Hubungan antara kecepatan dan kepadatan ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



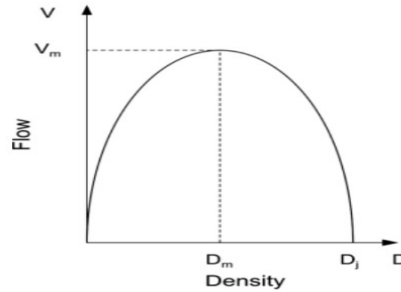
(Sumber: Bagas saputra & Dian savitri departemen matematika universitas negri surabaya)

Gambar 2.2 Hubungan Kecepatan-Kepadatan

### 2.3.3 Hubungan Volume-Kepadatan

Volume maksimum ( $V_m$ ) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik  $D$  (kapasitas jalur jalan sudah tercapai). Setelah mencapai titik ini volume akan menurun

walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik  $D_j$  (MKJI, 1997). Hubungan volume dan kepadatan ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.



(Sumber: Bagas saputra & Dian savitri departemen matematika universitas negri surabaya)

Gambar 2.3 Hubungan Volume-Kepadatan

#### 2.4.1 Hubungan Matematis Volume, Kecepatan dan Kepadatan

Hubungan matematis antara kecepatan, volume, dan kepadatan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$V = D.S \dots\dots\dots(2.4)$$

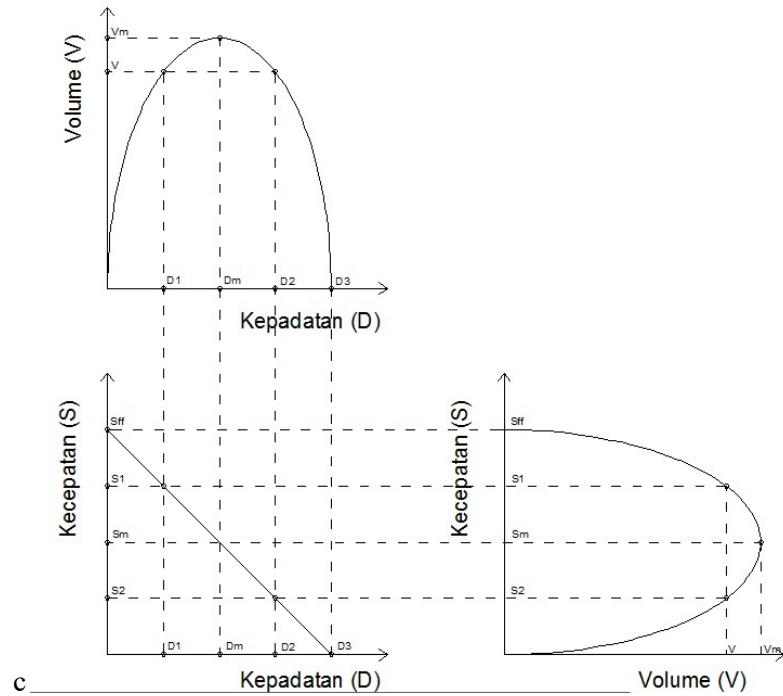
dimana :

D = Kepadatan lalu lintas

V = Volume lalu lintas

S = Kecepatan kendaraan

Hubungan matematis antarparameter tersebut dapat juga dijelaskan dengan menggunakan Gambar 1 yang memperlihatkan bentuk umum hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan (S-D), Arus-Kepadatan (V-D) dan Arus-Kecepatan (V-S)



(Sumber: Ofyar Z Tamin ITB 2008)

Gambar 2.4 Hubungan Matematis Volume, Kecepatan dan Kepadatan  
 dimana:

$V_m$  = kapasitas atau arus maksimum (kendaraan/jam)

$S_m$  = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (km/jam)

$D_m$  = kepadatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (kendaraan /jam)

$S_{ff}$  = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati nol atau kecepatan arus bebas (km/jam).

Hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan (S-D) adalah monoton ke bawah yang menyatakan apabila kepadatan lalu lintas meningkat, maka kecepatan berkurang.

Arus lalu lintas akan menjadi 0 (nol) apabila kepadatan sangat tinggi sedemikian rupa sehingga tidak memungkinkan kendaraan untuk bergerak lagi, Kondisi seperti ini dikenal dengan kondisi macet total ( $D=D_j$ ).

Pada kondisi kecepatan nol, tidak terdapat kendaraan di ruas jalan sehingga arus lalu lintas juga nol. Oleh karena itu, perilaku arus lalu lintas yang berada di antara kedua nilai ekstrem ini sangat perlu dipelajari. Selain itu, pada kondisi kepadatan nol, kendaraan akan bebas memilih kecepatannya sesuai dengan kondisi ruas jalan yang ada; yang dikenal dengan kecepatan arus bebas ( $S_{ff}$ )

Apabila kepadatan meningkat dari nol, maka kecepatan akan menurun sedangkan volume lalu lintas akan meningkat. Apabila kepadatan terus meningkat, maka akan dicapai suatu kondisi di mana peningkatan kepadatan tidak akan meningkatkan volume lalu lintas, malah sebaliknya akan menurunkan volume lalu lintas.

Kecepatan arus bebas ( $S_{ff}$ ) tersebut tidak dapat diamati dilapangan karena kondisi pada saat tidak ada kendaraan ( $D=0$ ). Nilai kecepatan arus bebas bisa didapat secara matematis yang diturunkan dari hubungan matematis antara kecepatan-kepadatan ( $S-D$ ) yang terjadi dilapangan. Data yang bisa dikumpulkan dilapangan dengan melakukan survei lalu lintas adalah volume ( $V$ ) dan kecepatan ( $S$ ) lalu lintas. Lalu lintas yang lewat bermacam-macam jenisnya sehingga data volume lalu lintas tersebut harus pula dinyatakan dalam satu satuan tertentu lainnya, yaitu satuan mobil penumpang (smp).

## 2.4 Model Greenshields

### 2.4.1 Penurunan Model

Greenshields merumuskan bahwa hubungan matematis antara kecepatan-kepadatan, diasumsikan linier, seperti yang dinyatakan pada persamaan:

$$S = Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot D \dots \dots \dots (2.5)$$

Selanjutnya, hubungan matematis antara volume-kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan (2.4), dan dengan memasukkan persamaan (2.6) ke persamaan (2.5), maka bisa diturunkan persamaan (2.7)-(2.8).

$$S = \frac{V}{D} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$\frac{V}{D} = Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot Dm = 0 \dots \dots \dots (2.7)$$

$$V = D \cdot Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot D^2 \dots \dots \dots (2.8)$$

Persamaan (2.8) adalah persamaa yang menyatakan hubungan matematis antara volume-kepadatan. Kondisi volume maksimum (Vm) bisa didapat pada saat kepadatan D=Dm. Nilai D=Dm bisa didapat melalui persamaan (2.9)-(2.10)

$$\frac{\partial V}{\partial D} = Sff - \frac{2 \cdot Sff}{Dj} \cdot Dm = 0 \dots \dots \dots (2.9)$$

$$Dm = \frac{Dj}{2} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.10) ke persamaan (2.8), maka niai Vm bisa didapat seperti yang terlihat dalam persamaan (2.11)-(2.12)

$$Vm = \frac{Dj \cdot Sff}{2} - \frac{Sff}{Dj} \cdot \frac{Dj^2}{4} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$Vm = \frac{Dj \cdot Sff}{4} \dots\dots\dots(2.12)$$

Selanjutnya, hubungan matematis antara volume-kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (2.4), dan dengan memasukkan persamaan (2.13) ke persamaan (2.15), maka bisa diturunkan melalui persamaan (2.14)-(2.16)

$$D \frac{V}{S} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$S = Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot \frac{V}{S} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\frac{Sff}{Dj} \cdot \frac{V}{S} = Sff - S \dots\dots\dots(2.15)$$

$$V = Dj \cdot S - \frac{Dj}{Sff} \cdot S^2 \dots\dots\dots(2.16)$$

Persamaan (2.16) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis volume-kecepatan. Kondisi volume maksimum (Vm) bisa didapat pada saat kecepatan S=Sm. Nilai S=Sm bisa didapat melalui persamaan (2.17)-(2.18)

$$\frac{\partial V}{\partial S} = Dj - \frac{2 \cdot Dj}{Sff} \cdot Sm = 0 \dots\dots\dots(2.17)$$

$$Sm = \frac{Sff}{2} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.18) ke persamaan (2.16), maka nilai Vm bisa didapat seperti dalam persamaan (2.19)-(2.20).

$$Vm = \frac{Dj \cdot Sff}{2} - \frac{Dj}{Sff} \cdot \frac{Sff^2}{4} \dots\dots\dots(2.19)$$



$$V_m = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} \dots\dots\dots(2.20)$$

Sehingga dapat disimpulkan untuk model greenshields bahwa volume maksimum

$$V_m = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} \text{ dapat dicapai pada pada kondisi } S_m = \frac{S_{ff}}{2} \text{ dan kepadatan } D_m = \frac{D_j}{2}$$

Tabel 2.1 Rangkuman beberapa persamaan Greenshields

Hubungan	Persamaan yang dihasilkan	Hubungan	Persamaan yang dihasilkan
S-D	$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D$	V <sub>m</sub>	$V_m = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4}$
V-D	$V = D \cdot S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot D^2$	S <sub>m</sub>	$S_m = \frac{S_{ff}}{2}$
V-S	$V = D_j \cdot S - \frac{D_j}{S_{ff}} \cdot S^2$	D <sub>m</sub>	$D_m = \frac{D_j}{2}$

(Sumber: Buku Ofyar Z Tamin, *Perencanaan Pemodelan & Rekayasa Transportasi 2008*, Penerbit ITB)

## 2.5 Model Greenberg

### 2.5.1 Penurunan Model

Greenberg mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kepadatan-kecepatan bukan merupakan fungsi linier melainkan fungsi logaritma. Persamaan dasar model greenberg dapat dinyatakan dalam persamaan (2.21).

$$D = C \cdot e^{-bS} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana C dan b merupakan kostanta

Jika persamaan (2.21) dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka persamaan (2.21) dapat dinyatakan kembali sebagai persamaan (2.22), sehingga hubungan

matematis kecepatan-kepadatan selanjutnya dapat dinyatakan dalam persamaan (2.25) yang dinyatakan dalam bentuk logaritma natural.

$$\ln D = \ln C - bS \dots\dots\dots(2.22)$$

$$bS = \ln C - \ln D \dots\dots\dots(2.23)$$

$$S = \frac{\ln C}{b} - \frac{\ln D}{b} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$S = \frac{1}{b} \ln \frac{C}{D} \dots\dots\dots(2.25)$$

Selanjutnya, hubungan matematis antara volume-kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (2.4), dan dengan memasukkan persamaan (2.3) (S=V/D) ke persamaan (2.25), maka bisa diturunkan persamaan (2.26)-(2.27).

$$\frac{V}{D} = \frac{1}{b} \ln \frac{C}{D} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$V = \frac{D}{b} \ln \frac{C}{D} \dots\dots\dots(2.27)$$

Persamaan (2.27) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara volume-kepadatan. Kondisi volume maksimum (Vm) bisa didapat pada saat kepadatan D=Dm. Nilai D=Dm bisa didapat melalui persamaan (2.28)-(2.29).

$$\frac{\partial V}{\partial D} = \frac{1}{b} \cdot \ln \frac{C}{Dm} + \frac{Dm}{b} \cdot \left( \frac{-1}{Dm} \right) = 0 \dots\dots\dots(2.28)$$

$$\frac{1}{b} \cdot \ln \frac{C}{Dm} - \frac{1}{b} = 0 \dots\dots\dots(2.29)$$

$$(\ln C - \ln Dm) - 1 = 0 \dots\dots\dots(2.30)$$

$$\ln Dm = \ln C - 1 \dots\dots\dots(2.31)$$

$$Dm = e^{\ln C - 1} = \frac{C}{e} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.32) ke persamaan (2.27), maka nilai Vm bisa didapat dalam persamaan (2.34).

$$Vm = \frac{C}{eb} \cdot (\ln C - \ln C + 1) \dots\dots\dots(2.33)$$

$$Vm = \frac{C}{be} \dots\dots\dots(2.34)$$

Selanjutnya, hubungan matematis antara Volume-kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (2.4), dan selanjutnya dengan memasukkan persamaan (2.13) (D=V/S) ke persamaan (2.21), maka bisa diturunkan persamaan (2.35)-(2.36).

$$\frac{V}{S} = C \cdot e^{-bS} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$V = S \cdot C \cdot e^{-bS} \dots\dots\dots(2.36)$$

Persamaan (2.36) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara volume-kecepatan. Kondisi volume maksimum (Vm) bisa didapat pada saat kecepatan S=Sm. Nilai S=Sm bisa didapat melalui persamaan (2.37)-(2.39)

$$\frac{\partial V}{\partial S} = C e^{-bSm} - Sm C b e^{-bSm} = 0 \dots\dots\dots(2.37)$$

$$C e^{-bSm} (1 - Smb) = 0 \dots\dots\dots(2.38)$$

$$Sm = \frac{1}{b} \dots\dots\dots(2.39)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.39) ke persamaan (2.36), maka nilai  $V_m$  bisa didapat dalam persamaan (2.41).

$$Vm = \frac{1}{b} \cdot C \cdot e^{-1} \dots \dots \dots (2.40)$$

$$Vm = \frac{C}{be} \dots \dots \dots (2.41)$$

Sehingga dapat disimpulkan untuk model greenberg bahwa volume maksimum  $V_m = \frac{C}{be}$  dapat dicapai pada kondisi kecepatan  $S_m = \frac{1}{b}$  dan kepadatan  $D_m = \frac{C}{e}$

Tabel 2.2 Rangkuman beberapa persamaan Greenberg

Hubungan	Persamaan yang dihasilkan	Hubungan	Persamaan yang dihasilkan
S-D	$S = Sm \ln \frac{C}{D}$	$V_m$	$V_m = \frac{C}{be}$
V-D	$V = DSm \ln \frac{C}{D}$	$S_m$	$S_m = \frac{1}{b}$
V-S	$V = S \cdot C \cdot e^{-\frac{S}{b}}$	$D_m$	$D_m = \frac{C}{e}$

(Sumber: Buku Ofyar Z Tamin, Perencanaan Pemodelan & Rekayasa Transportasi 2008, Penerbit ITB)

## 2.6 Model Underwood

### 2.6.1 Penurunan Model

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kecepatan-kepadatan bukan merupakan fungsi linier melainkan fungsi eksponensial, sebagaimana dinyatakan melalui persamaan (2.42).

$$S = Sff \cdot e^{-\frac{D}{Dm}} \dots \dots \dots (2.42)$$

Dimana:  $S_{ff}$  = kecepatan arus bebas

$D_m$  = kepadatan pada kondisi volume maksimum (kapasitas)

Jika persamaan (2.42) dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka persamaan (2.42) dapat dinyatakan kembali sebagai persamaan (2.43) sehingga hubungan matematis antara kecepatan-kepadatan selanjutnya dapat juga dinyatakan dalam persamaan (2.43).

$$\ln S = \ln S_{ff} - \frac{D}{D_m} \dots \dots \dots (2.43)$$

Selanjutnya, hubungan matematis antara volume-kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (2.4), dan dengan memasukkan persamaan (2.6) ke persamaan (2.42), bisa diturunkan persamaan (2.44)-(2.45).

$$\frac{V}{D} = S_{ff} \cdot e^{\frac{-D}{D_m}} \dots \dots \dots (2.44)$$

$$V = D \cdot S_{ff} \cdot e^{\frac{-D}{D_m}} \dots \dots \dots (2.45)$$

Persamaan (2.45) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara volume-kepadatan.

Kondisi volume maksimum ( $V_m$ ) bisa didapat pada saat kepadatan  $D=D_m$ . Dengan memasukkan nilai  $D_m$  ke persamaan (2.45), maka nilai  $V_m$  bisa didapat seperti pada persamaan (2.46).

$$V_m = \frac{D_m \cdot S_{ff}}{e} \dots \dots \dots (2.46)$$

Selanjutnya, hubungan matematis antara volume-kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (2.4), dan selanjutnya dengan memasukkan persamaan persamaan (2.13) ke persamaan (2.42), bisa diturunkan persamaan (2.47)-(2.51).

$$S = Sff \cdot e^{\frac{-V}{S \cdot Dm}} \dots \dots \dots (2.47)$$

$$\ln S = \ln Sff - \frac{V}{S \cdot Dm} \dots \dots \dots (2.48)$$

$$\frac{V}{S \cdot Dm} = \ln Sff - \ln S \dots \dots \dots (2.49)$$

$$V = S \cdot Dm \cdot (\ln Sff - \ln S) \dots \dots \dots (2.50)$$

$$V = SDm \ln \frac{Sff}{S} \dots \dots \dots (2.51)$$

Persamaan (2.51) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara volume-kecepatan. Kondisi volume maksimum ( $V_m$ ) bisa didapat pada saat kecepatan  $S=S_m$ . Nilai  $S=S_m$  bisa didapat melalui persamaan (2.52)-(2.55).

$$\frac{\partial V}{\partial S} = Dm (\ln Sff - \ln S_m) + S_m - S_m \left(-\frac{1}{S_m}\right) = 0 \dots \dots \dots (2.52)$$

$$Dm (\ln Sff - \ln S_m) - Dm = 0 \dots \dots \dots (2.53)$$

$$(\ln Sff - \ln S_m) = 1 \dots \dots \dots (2.54)$$

$$S_m = e^{\ln Sff - 1} = \frac{Sff}{e} \dots \dots \dots (2.55)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.55) ke persamaan (2.51), maka nilai  $V_m$  bisa didapat dalam persamaan (2.57).

$$Vm = \frac{Sff}{e} \cdot Dm \cdot (\ln Sff - \ln Sff + 1) \dots \dots \dots (2.56)$$

$$Vm = \frac{Dm \cdot Sff}{e} \dots \dots \dots (2.57)$$

Tabel 2.2 Rangkuman beberapa persamaan Underwood

Hubungan	Persamaan yang dihasilkan	Hubungan	Persamaan yang dihasilkan
S-D	$S = Sff \cdot e^{\frac{-D}{Dm}}$	Vm	$Vm = \frac{Dm \cdot Sff}{e}$
V-D	$V = D \cdot Sff \cdot e^{\frac{-D}{Dm}}$	Sm	$Sm = \frac{Sff}{e}$
V-S	$V = SDm \ln \frac{Sff}{S}$	Dm	Dm

(Sumber: Buku Ofyar Z Tamin, Perencanaan Pemodelan & Rekayasa Transportasi 2008, Penerbit ITB)

## 2.7 Analisis Regresi

Analisa regresi adalah sebuah pendekatan yang digunakan untuk mendefinisikan hubungan matematis antara variabel dependen (y) dengan satu atau beberapa variabel independen (x).

### 2.7.1 Mode analisis regresi linier

Analisa segresi linier adalah metode statistik yang dapat digunakan untuk mempelajari hubungan antar sifat permasalahan yang sedang diselidiki. Model ini dapat memodelkan hubungan antara 2 (dua) perubah atau lebih. Pada model ini etrdapat perubahan tidak bebas (Y) yang mempunyai hubungan fungsional dengan satu atau lebih perubahan bebas (Xi) (Tamin, 2008), hubungan dapat dinyatakan dalam persamaan (2,58)

$$Y = A + BX \dots \dots \dots (2.58)$$

Keterangan:

Y= perubahan tidak bebas (kecepatan)

X= perubahan bebas (kerapatan)

A= intersep atau konstanta regresi

B= koefisien regresi

Parameter A dan B dapat diperkirakan dengan metode kuadrat terkecil yang meminimkan total kuadratis residual antara hasil model dengan hasil pengamatan. Nilai A dan B bisa didapatkan dari persamaan (2.59)-(2.60) berikut.

$$B = \frac{N \sum_{i=1}^N (X_i Y_i) - \sum_{i=1}^N X_i \cdot \sum_{i=1}^N Y_i}{N \sum_{i=1}^N (X_i)^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$A = \bar{Y} - B\bar{X} \dots\dots\dots(2.60)$$