



**JCEBT**  
**(Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)**

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>

---

**Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan terhadap Kinerja Ruas Jalan**

***Relationship of Volume, Speed and Density of Road Performance***

**Yudi Sanjaya, Kamaluddin Lubis\*, Marwan Lubis.**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

\*Corresponding Email: [kamaluddinlubis02@gmail.com](mailto:kamaluddinlubis02@gmail.com)

---

**Abstrak**

Perilaku pergerakan arus lalu lintas pada suatu ruas jalan dan kemampuan ruas jalan tersebut dalam menampung arus lalu lintas perlu mendapat perhatian khusus bagi perencana jalan, karena akan menyangkut kualitas dan kuantitas pelayanan dari system jaringan jalan yang lebih luas. Karakteristik arus lalu lintas puncak pada pagi hari dan sore hari, secara umum lebih tinggi dan terdapat perubahan komposisi lalu lintas (dengan persentase kendaraan pribadi dan sepeda motor yang lebih tinggi, dan persentase truk berat yang lebih rendah dalam arus lalu lintas). Masalah yang dihadapi daerah kota Medan, juga kota-kota besar dimanapun bukan hanya masalah sosial yang bermacam bentuknya, tetapi juga adalah persoalan lalu lintas yang dihadapi sehari-hari. Persoalan ini bukan masalah tersendiri, karena didalamnya terkandung juga faktor manusia, ekonomi, sarana dan prasarana serta berbagai faktor lainnya yang ada. Untuk mendapatkan volume lalu lintas dalam satuan mobil penumpang (smp), maka data jumlah kendaraan tiap 15 (lima belas) menit yang diperoleh dari hasil survey dikalikan dengan faktor ekivalensi smp untuk tiap jenis kendaraan dan kemudian menjumlahkannya, maka diperoleh volume lalu lintas total untuk tiap lima belas menit. Pada analisis ini dilakukan perhitungan volume lalu lintas total tanpa kendaraan tidak bermotor dan volume lalu lintas total termasuk kendaraan tidak bermotor.

**Kata Kunci:** Hubungan Volume, Kecepatan, Kepadatan, Kinerja Ruas Jalan

**Abstract**

*The behavior of traffic flow movement on a road segment and the ability of the road segment to accommodate the traffic flow should receive special attention for the road planner, as it will concern the quality and quantity of services of the wider road network system. Characteristics of peak traffic flow in the morning and afternoon, generally higher and there is a change in traffic composition (with higher percentage of personal vehicles and motorcycles, and lower percentage of heavy trucks in traffic flow). The problems faced by the city of Medan, as well as the big cities everywhere are not just social problems of its various forms, but also the daily traffic problems faced. This problem is not a separate problem, because it contains human factors, economy, facilities and infrastructure as well as various other factors that exist. To obtain the volume of traffic in units of passenger cars (smp), the data of the number of vehicles every 15 (fifteen) minutes obtained from the survey results multiplied by the smp equivalent factor for each vehicle type and then add them, then the total traffic volume is obtained for every fifteen minutes. In this analysis, the total traffic volume calculated without non-motorized vehicles and total traffic volume including non-motorized vehicles. Keywords: Volume Relation, Speed, Density, Road Performance*

**How to Cite:** Sanjaya, Y. Lubis, K. Lubis, M. (2017). Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan terhadap Kinerja Ruas Jalan, *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*. 1 (1): 54-61.

---

## **PENDAHULUAN**

Dalam perancangan, perencanaan dan penetapan berbagai kebijaksanaan sistem transportasi, teori pergerakan arus lalu lintas memegang peranan yang sangat penting. Kemampuan menampung arus lalu lintas sangat bergantung pada keadaan fisik dari jalan tersebut, baik kualitas maupun kuantitasnya serta karakteristik operasional lalu lintasnya.

Teori pergerakan arus lalu lintas ini akan menjelaskan mengenai kualitas dan kuantitas dari arus lalu lintas sehingga dapat diterapkan kebijaksanaan atau pemilihan sistem yang paling tepat untuk menampung lalu lintas yang ada. Untuk memenuhi penerapan teori pergerakan lalu lintas digunakan metode pendekatan matematis dan fisis untuk menganalisis gejala yang berlangsung dalam arus lalu lintas. Salah satu cara pendekatan untuk memahami perilaku lalu lintas tersebut adalah dengan menjabarkannya dalam bentuk matematis dan grafis.

Suatu peningkatan dalam volume lalu lintas akan menyebabkan berubahnya perilaku lalu lintas. Secara teoritis terdapat hubungan yang mendasar antara volume dengan kecepatan serta kepadatan. Hubungan antara kecepatan dan arus lalu lintas (volume) ini dapat dipakai sebagai pedoman untuk menentukan nilai matematis dari kapasitas jalan untuk

kondisi yang ideal. Hubungan antara kecepatan dan volume lalu lintas secara mendasar dapat dinyatakan sebagai berikut: apabila arus lalu lintas pada suatu ruas jalan bertambah maka kecepatan pada ruas jalan tersebut akan berkurang.

Dengan menggunakan hubungan antara kecepatan dengan volume lalu lintas, maka dapat diketahui peningkatan arus dan hasil kecepatan kendaraan pada ruas jalan tertentu sampai terjadinya kemacetan pada jalur tersebut. Hubungan kecepatan dengan volume lalu lintas tersebut dapat dipakai sebagai dasar dalam penerapan 'Manajemen Lalu Lintas'.

## **METODE PENELITIAN**

Dalam melakukan pengumpulan data hal yang pertama harus dilakukan adalah pemilihan lokasi survei. Pemilihan ini mempunyai maksud sebagai berikut:

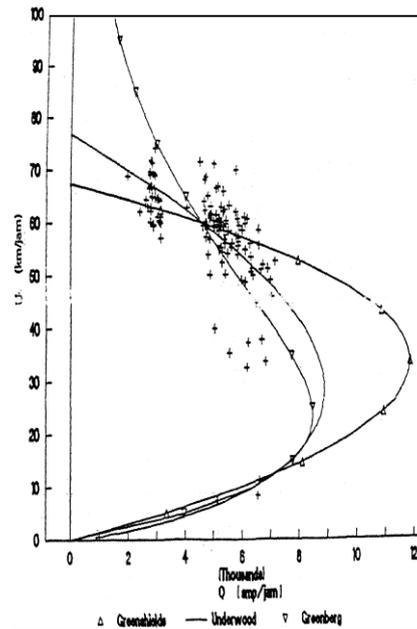
1. Untuk mendapatkan data-data yang tepat untuk analisa lebih lanjut.
2. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan sehingga dapat tercapai tujuan yang diinginkan.

Dalam melakukan pemilihan lokasi perlu ditinjau beberapa kondisi untuk mendapatkan yang sesuai dengan kriteria pemilihan lokasi. Adapun kriteria dalam pemilihan lokasi tersebut sebagai berikut:

1. Lokasi survei dilakukan pada pertengahan ruas jalan yang menghubungkan dua buah persimpangan baik dengan lampu pengatur lalu lintas maupun tidak.
2. Ruas jalan mempunyai lebar yang seragam. Apabila dijumpai parkir kendaraan ditepi jalan tersebut, maka lebar efektif jalan tersebut adalah lebar jalan yang dapat dilalui arus lalu lintas.
3. Kondisi perkerasan jalan dan desain geometrik jalan dalam keadaan baik, artinya jalan rata dan lurus. Ruas jalan diusahakan sesedikit mungkin terjadinya gangguan, baik akibat kendaraan yang ingin memutar, masuk ke jalur lambat, lampu pengatur lalu lintas dan gangguan dari pejalan kaki yang dapat mengganggu kelancaran arus lalu lintas.
4. Data lokasi survey Jalan Letda Sudjono sebagai berikut: lebar jalan: 15.5 meter; lebar jalan efektif: 8 meter; Panjang jalan yang diamati : 100 meter

Dengan pertimbangan ruas jalan tersebut masih dapat terlihat jelas di kamera dan waktu tempuh kendaraan yang dapat dihitung lebih teliti.

GRAFIK US VS D



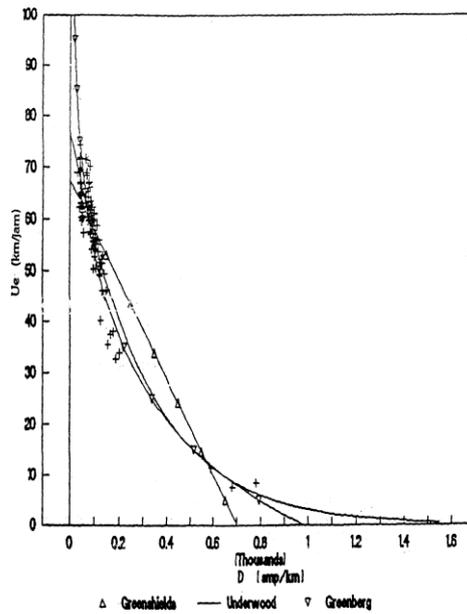
Gambar 1. Hubungan Kecepatan ( $U_s$ ) dengan kepadatan ( $D$ ) berdasarkan model Greenshields, Greenberg dan Underwood

### Periode Survey

Untuk mendapatkan hubungan matematis yang teliti perlu diperhatikan periode survey karena untuk mendapatkan hubungan tersebut memerlukan data volume dan kecepatan yang bervariasi. Dengan ketentuan di atas maka survey dilakukan selama 4 hari dalam waktu 8 jam. Dalam mencari hubungan-hubungan seperti telah dijelaskan di atas maka diperlukan data sebagai berikut:

- Data kecepatan sesaat (spot speed) tiap jenis kendaraan
- Data volume tiap jenis kendaraan

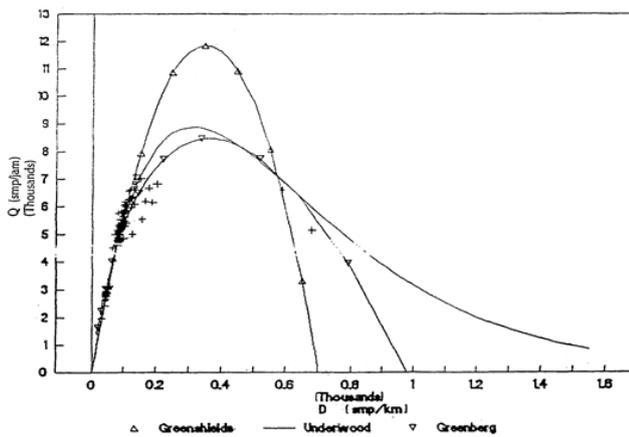
### GRAFIK U VS Q



**Gambar 2.** Hubungan Kecepatan ( $U_s$ ) dengan Volume ( $Q$ ) berdasarkan model Greenshields, Greenberg dan Underwood

Jenis kendaraan dibagi menjadi 4 jenis yaitu: PV = Private Vehicle (sedan, taksi, pickup, minibus); Micro Bus dan Micro Truck; Bus dan Truck.

### GRAFIK Q VS D



**Gambar 3.** Hubungan Volume ( $Q$ ) dengan Kepadatan ( $D$ ) berdasarkan model Greenshields, Greenberg dan Underwood

### Perhitungan Volume Lalulintas

Pengukuran data volume ini dilakukan secara manual dengan menggunakan counter, tiap lima menit dan untuk tiap jenis kendaraan. Dengan mengalikan faktor SMP (Satuan Mobil Penumpang) untuk tiap jenis kendaraan dan kemudian menjumlahkannya maka diperoleh volume total untuk lima menit.

Nilai ekuivalensi Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang dipakai dalam studi ini adalah:

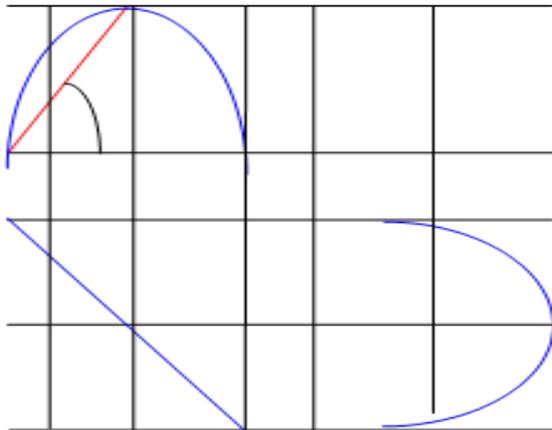
- Mobil Penumpang = 1.00
- Mikro Bus = 1.40
- Bus = 1.50
- Truk = 2.00

### HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Pada gambar 1 dapat dilihat bentuk umum dari hubungan ini. Bagian 1-2 pada gambar tersebut adalah klasifikasi normal dan dikatakan sebagai kondisi arus bebas (free flow). Bagian 2-3 memperlihatkan kondisi mendekati arus tak stabil

(approaching unstable flow). Pada saat di titik 3 merupakan kecepatan pada saat kepadatan kritis. Bagian 3-4 menunjukkan kondisi arus tak stabil (unstable flow) dan bagian 4-5 menunjukkan kondisi terjadi kemacetan (forced flow).  $q$  (vehicles/hour) capacity  $tg(\theta) = C/k_0$



$k$  (vehicle/km)

$U_s$  (km/hour)  $U_s$

(km/hour)  $U_f$

$k$  (vehicle/km)  $q$  (vehicle/hour)

Gambar 4. Grafik Hubungan Kecepatan, Volume, dan kepadatan

Hubungan antara kecepatan dan kepadatan dapat dilihat pada gambar 1 dimana sebagai penyederhanaan hubungan tersebut dinyatakan linier. Secara umum kecepatan akan menurun apabila kepadatan bertambah. Kecepatan arus bebas ( $U_f$ ) akan terjadi apabila kepadatan=0 (titik A) dan pada saat kecepatan=0 (titik B) maka terjadi kemacetan (jam density).

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa kepadatan akan bertambah apabila volumenya juga bertambah. Pada saat

tercapainya volume maksimum maka kapasitas jalur jalan sudah tercapai (titik C). Setelah mencapai titik ini volume akan menurun walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan (titik B).

Model ini adalah model terawal yang tercatat dalam usaha mengamati perilaku lalulintas. Greenshields (1934) mengadakan studi pada jalan luar kota Ohio, dimana kondisi lalulintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara tetap (steady state condition). Greenshields mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bersifat kurva linier.

Berdasarkan penelitian-penelitian selanjutnya, terdapat hubungan yang erat antara model linier ini dengan keadaan data di lapangan. Hubungan linier kecepatan dan kepadatan ini menjadi hubungan yang paling populer dalam tinjauan pergerakan lalulintas, mengingat fungsi hubungannya adalah yang paling sederhana sehingga mudah diterapkan. Model ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$U_s = U_f - (U_f/U_j).$$

D (2)

dimana:

$U_f$  = kecepatan rata-rata ruang dalam keadaan arus bebas

$D_j$  = jam density (kepadatan pada saat macet total)

Untuk mendapatkan nilai konstanta  $U_f$  dan  $D_j$ , persamaan (2) dapat diubah menjadi persamaan linier  $Y=A+BX$  dengan memisalkan  $U_s=Y; D=X; U_f=U_f/D_j=b$ .

Kedua konstanta tersebut dapat dinyatakan sebagai kecepatan bebas (free flow speed) dimana pengendara dapat memacu kendaraannya sesuai dengan keinginannya dan kepadatan macet (jam density) dimana kendaraan tidak dapat bergerak sama sekali.

Hubungan antara volume dan kepadatan dicari dengan mensubstitusikan persamaan (2) ke persamaan (1), didapat:  $U_f.D - (U_f/D_j) Q = f(D)$  (3) Persamaan ini merupakan persamaan parabola  $Q = f(D)$

Bila  $D = Q/U_s$ , maka berdasarkan persamaan (3) didapat hubungan volume dan kecepatan adalah:

$$Q = D_j.U_s - (D_j/U_f).U \quad (4)$$

Persamaan ini juga merupakan fungsi parabola antara  $Q = f(U_s)$ . Jadi dapat disimpulkan bahwa jika terdapat hubungan linier antara kecepatan dan kepadatan, maka hubungan antara kecepatan dengan volume maupun volume dengan kepadatan akan berfungsi parabolik.

Pendekatan ini diambil langsung dari syarat batas (boundary condition) titik-titik pada kurva dasar kepadatan, volume dan kecepatan. Drew dan Underwood memperlihatkan bahwa hipotesis dari

volume lalu lintas merupakan hubungan eksponensial antara kecepatan dan kepadatan yang dinyatakan sebagai berikut:

$$U_s = U_f \cdot \exp(-D/D_m) \quad (5)$$

dimana:

$U_f$  = Kecepatan pada kondisi arus bebas

$D_m$ =Kepadatan pada saat volume maksimum

Untuk mendapatkan nilai konstanta  $U_f$  dan  $D_m$ , persamaan (5) dapat diubah menjadi persamaan linier  $Y=A+BX$  sebagai berikut:

$$\ln U_s = \ln U_f - D/D_m \quad (6)$$

dengan memisalkan:  $\ln U_s=Y; D=X; \ln U_f=a; -1/D_m=b$

Bila persamaan (5) disubstitusikan ke persamaan (1) maka hubungan volume dan kecepatan berupa:

$$Q = D.U_f \cdot \exp(-D/D_m) \quad (7)$$

Sedangkan untuk hubungan volume dan kepadatan adalah:

$$Q = U_s.D_m \cdot \ln(U_f/U_s) \quad (8)$$

Model arus lalu lintas yang umum untuk menentukan karakteristik spesifik seperti kecepatan dan kepadatan adalah analisis regresi. Metode ini dilakukan dengan meminimalkan total nilai perbedaan kuadratis antara observasi dan nilai perkiraan dari variable tidak bebas (dependent). Bila variabel tidak bebas linier terhadap variabel bebas, maka hubungan dari kedua variabel itu dikenal

dengan analisis regresi linier. Bila hubungannya lebih dari dua variabel bebas tersebut sebagai analisis linier berganda. Bila variabel tidak bebas (Y) dan variabel bebas (X) mempunyai hubungan linier,

Perhitungan Kecepatan (Us), Volume (Q) dan Kepadatan (D). Data kecepatan dan volume yang didapat dari survey dibagi menjadi tiap 15 menit. Dengan menggunakan persamaan (1) maka akan didapat volume lalulintas (Q), kepadatan (D), kecepatan (Us) dalam periode 15 menit.

### **Hubungan Variabel Kecepatan (US), Volume (Q), dan Kepadatan (D)**

Dalam studi ini untuk mencari hubungan antara variabel-variabel di atas digunakan beberapa studi yang dilakukan oleh Greenshields, Greenberg, dan Underwood seperti terlihat pada persamaan (1)-(14).

### **Analisa menurut Studi Greenshields**

Dengan menggunakan persamaan (2) & (4), hubungan volume lalulintas (Q), kecepatan (Us), dan kepadatan (D) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$U_s = 67.5 \cdot 0.0959 \cdot D$$

$$R^2 = 0.76$$

$$Q = 67.5 D - 0.0959 D^2$$

$$Q = 6.5 U_s \cdot 0.0959 U_s^2$$

### **Analisa Menurut Studi Underwood**

Dengan Menggunakan Persamaan (5) & (8), hubungan volume lalulintas (Q), kecepatan (Us), dan kepadatan (D) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$U_s = 76.98 \exp(-0.00318 D)$$

$$R^2 = 0.94$$

$$Q$$

$$Q = 76.98 D \exp(-0.00318 D)$$

$$= 313.73 U_s \ln(4.34/U_s)$$

### **SIMPULAN**

Hubungan variabel kecepatan (Us), volume lalulintas (Q), dan kepadatan (D) dinyatakan dengan 2 (dua) buah model yaitu: Greenshields dan Underwood. Dengan mengetahui model ini dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam mengenai karakteristik lalulintas sehingga berbagai macam penanganan masalah transportasi dapat dilakukukan. Dari hasil analisis kedua model tersebut, model Underwood memberikan tingkat akurasi terbaik ( $R^2=0.94$ ). Dapat terlihat bahwa hipotesa yang menyatakan jika kepadatan bertambah maka kecepatan akan menurun telah terbukti dengan model Underwood mempunyai tingkat akurasi terbaik.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- A Wohl, M., and martin, B.V. (1967) Traffic System Analysis For Engineers and Planner. Mcgraw Hill, New York.  
Salter, R.J. (1976) Highway Traffic Analysis and Design. Mac Millan Press Ltd, London.

- Pignataro, L.J. (1973) Traffic Engineering Theory and Practice. Prentice Hall, Inc.
- Highway Research Board (1985). Highway Capacity Manual. National Research Council, Washington DC.
- Hoobs, F.D. (1979) Traffic Planning and Engineering Practice, Pergamon Press Ltd.
- Breiman, L. (1969) Space-Time Relationship in One way Traffic Flow. Transport Research.