

## Kalibrasi Nilai Parameter-Parameter Tundaan Terhadap Kinerja Lalulintas

Ezra Rondonuwu<sup>1</sup>, Samuel Y. R Rompis<sup>2</sup>, James A. Timboeleng<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat  
<sup>2),3)</sup> Staf Pengajar Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

e-mail: [erondonuwu14@gmail.com](mailto:erondonuwu14@gmail.com)

### ABSTRACT

*One of the methods used in the calculation of the travel time of a vehicle on one road segment is the volume-delay function. This delay function is an exponential relationship between the volume of vehicles traveling across a road to the capacity of this road. Travel time is an important element in the transportation system. How a driver or traveler chooses a travel route to reach their destination is determined by travel time. Volume Delay Function, VDF, is a major component in the equilibrium of a route selection model because it could influence drivers to change the route of travel by considering and comparing traffic volumes on each alternative path. Variables used in VDF were consist of travel time, travel time of free flow, traffic volume and roadway capacity of considered road segment; whereas for the existing parameters are the exponential functional coefficient namely the comparison between the traffic volume with the capacity of the road segment in which the traffic volume is calculated. These parameters imply the explanation of the condition of the road segment under considered. In macroscopic traffic engineering it could be seen that in order to study a traffic flow, there are three variables namely flow (volume, flow), speed (speed), and density (density). In practice, the relationship between speed and volume could be used for many purposes in planning, managing and determining transport policies, while microscopically, the flow of traffic is a configuration of a combination of movement of each vehicle separately, and also the configuration of the movement of the driver or traveler and his vehicle.*

*In this study the VDF were categories in two parts namely the mathematical and behavioral sections. This is done in order to clarify the process of calibrating the parameters and mathematical variables contained in VDF, in order to implement its objectives on the road segments of existing review in Manado city. As it is known that the policy of Manado city government to determine the direction of traffic flow towards the center of Manado city has been applied from several years ago. With the determination of the direction of traffic flow on the segment of the primary roads in the city of Manado, then the travel time to the center of Manado could be to review.*

*Based on this, it were try to apply the Volume-Delay Function on the road in Manado in accordance with the policy of traffic flow direction as imposed by the Local Government of Manado.*

*The aims of this research were to know the traffic flow that occur at peak hour in Pierre Tendean,s road segment; To know the amount of free travel time that occurred in Pierre Tendean,s road segment and to perform calibration due to the behavior of parameters on volume-delay function as is applied to road segment review in Manado city.*

*In this research, it were used observation method to collect primary and secondary data. The determination of unit of observation sample were based on Stratified Cluster Sampling Method.*

*Based on the results it could be revealed as follows: (1). The primary survey in the form of traffic survey on road with artery function in Manado City, were result in traffic data obtained during peak hour as below: The morning's peak hour at Boulevard road artery road segment were results in the maximum travel time (T) of 7.236 minutes with a vehicle capacity of 2752 smp / hour.(2). The afternoon's peak hour at Boulevard artery road segment were result in maximum. (3). The free-flow travel time (To) based on the result of the survey of travel time (T) ( in minutes) and capacity Q (smp / hour) with calculations generated for morning's travel time free peak hour = 4.6022 minutes (0.076703855 hours), for afternoon's travel time free peak hour = 6.9851 Minutes (0.11641783 hours), and for combined travel time free flow peak hour ( morning and afternoon) = 3.8559 Minutes (0.064264484 hours).(4). The calibration of delayed VDF parameter functions to BPR i.e.a value of 0.047384, and  $\beta$  value of 2.283846.*

*By this research, it is hoped that the calibration process of the parameters of the behavior of the road segment, i.e. the exponential coefficients, can be applied.*

**Keywords:** calibration, delay parameter, free travel time, peak hour, stratified clustered sampling, road capacity

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Salah satu metode yang dipakai di dalam melakukan perhitungan waktu tempuh kendaraan terhadap satu ruas jalan adalah *volume-delay function*. Fungsi tundaan ini merupakan hubungan eksponensial antara volume kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan terhadap kapasitas dari ruas jalan ini. Waktu tempuh merupakan sebuah elemen yang penting dalam sistem transportasi. Bagaimana seorang pengendara memilih rute perjalanan untuk mencapai daerah tujuan mereka ditentukan oleh waktu tempuh perjalanan. *Volume Delay Function*, VDF, merupakan satu komponen utama dalam keseimbangan sebuah model pemilihan rute perjalanan disebabkan karena metode ini dapat memberikan pengaruh kepada pengendara untuk mengubah rute perjalanan dengan cara mempertimbangan dan membandingkan volume lalu lintas pada setiap jalan yang menjadi alternatif untuk ditempuh.

Variabel-variabel yang digunakan di dalam VDF terdiri dari waktu tempuh, waktu tempuh arus bebas, volume lalu lintas dan kapasitas ruas jalan tinjauan; sedangkan untuk parameter-parameter yang ada merupakan koefisien fungsi yang bersifat eksponensial menyangkut perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas ruas jalan di mana volume lalu lintas dihitung. Parameter-parameter yang dimaksud ini merupakan menyiratkan penjelasan mengenai kondisi ruas jalan yang ditinjau.

Dalam prakteknya, hubungan antara kecepatan dan volume ini dapat dipakai untuk banyak keperluan dalam perencanaan, pengelolaan dan penentuan kebijakan dalam bidang transportasi. Sedangkan secara mikroskopik, aliran lalu lintas merupakan gambaran dari suatu kombinasi pergerakan setiap kendaraan secara terpisah-pisah, dan gambaran pergerakan pengendara serta kendaraannya. Pada penelitian ini, penulis mengkategorikan bagian-bagian yang terdapat pada VDF dalam 2 (dua) kategori yakni bagian yang bersifat matematis dan

bagian yang bersifat perilaku. Hal ini dilakukan demi memperjelas proses kalibrasi parameter-parameter dan variabel-variabel matematis yang terdapat pada VDF, dalam rangka tujuan penerapannya pada ruas jalan-ruas jalan tinjauan yang ada di kota Manado.

Seperti diketahui bahwa kebijakan pemerintah kota Manado untuk arah arus lalu lintas yang menuju pusat kota Manado telah diterapkan dari beberapa tahun sebelumnya. Dengan adanya penetapan arah arus lalu lintas pada ruas jalan-ruas jalan primer di kota Manado maka sudah barang tentu waktu tempuh untuk menuju pusat kota Manado sangatlah menarik untuk ditinjau. Berdasarkan hal ini maka penulis mencoba mengaplikasikan *Volume-Delay Function* pada ruas jalan di Manado sesuai dengan kebijakan arah arus lalu lintas yang diberlakukan oleh Pemerintah Daerah Kota Manado. Dengan melakukan penelitian ini diharapkan maka proses kalibrasi parameter-parameter yang bersifat perilaku ruas jalan, yakni koefisien-koefisien eksponensial, dapat diterapkan.

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui arus lalu lintas yang terjadi pada jam puncak di ruas jalan Pierre Tendean Manado.
2. Mengetahui besar waktu tempuh bebas yang terjadi di ruas jalan Pierre Tendean Manado.
3. Melakukan kalibrasi akibat adanya perilaku parameter-parameter pada *volume-delay function* jika fungsi ini diterapkan pada ruas jalan-ruas jalan tinjauan yang berada di kota Manado.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Definisi dan Pengertian Tundaan

Tundaan merupakan waktu yang hilang akibat dipengaruhi oleh suatu unsur yang tidak dapat dikendalikan oleh pengendara baik di dalam arus lalu lintas itu sendiri maupun dari arus lalu-lintas lain (Pignataro, 1973:107). Terdapat dua jenis tundaan yang dapat terjadi di dalam arus lalu-lintas, yaitu :

### **Tundaan Tetap**

Tundaan tetap merupakan tundaan yang disebabkan oleh alat-alat pengendali lalu-lintas. Tundaan ini seringkali terjadi di persimpangan-persimpangan jalan. Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi terjadinya tundaan di persimpangan, yaitu :

- a. Faktor-faktor fisik, yang meliputi jumlah jalur, lebar jalan, pengendali akses menuju jalan tersebut, dan tempat-tempat transit - faktor lalu-lintas, yang meliputi volume kendaraan, gerakan membelok, klasifikasi kendaraan, karakteristik pengendara, kecepatan, parkir, dan pejalan.
- b. Pengendali lalu-lintas, yang meliputi jenis dan pengaturan waktu dari lampu lalu-lintas, tanda berhenti, pengendali belokan, dan pengendali parkir.

### **Tundaan Operasional**

Tundaan operasional merupakan tundaan yang disebabkan oleh gangguan antara unsur-unsur di dalam arus lalu-lintas atau tundaan yang disebabkan oleh adanya pengaruh dari lalu-lintas lain. Misalnya : kendaraan yang masuk keluar dari tempat parkir, pejalan kaki atau kendaraan yang berhenti. Namun tundaan operasional dapat juga disebabkan oleh gangguan di dalam arus lalu-lintas itu sendiri. Misalnya : kemacetan akibat volume kendaraan yang lebih besar dibandingkan kapasitas jalan yang ada.

Adapun jenis dan jumlah penundaan yang terjadi atau yang terdistribusi pada para pemakai jalan, akan dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut (Hobbs, 1979) :

- a. Sifat-sifat fisik, seperti jumlah jalur, jenis permukaan, tata letak geometri, pemberhentian bus, dan tempat penyeberangan bagi pejalan
- b. Pemakaian lalu-lintas, yaitu volume dan gerakan membelok, kecepatan, jenis rute, dan arus pejalan
- c. Bentuk pengendalian lalu-lintas, yaitu rambu-rambu, pengaturan arus/jalur, bundaran di persimpangan, dan pengendalian gerakan membelok.

### **Hubungan antara Tundaan dengan Kecepatan Rata-rata**

Dalam *Transportation and Traffic Engineering Handbook*, dikemukakan bahwa kualitas perjalanan berhubungan dengan kecepatan dan waktu tempuh perjalanan. Variabel-variabel yang mempengaruhi kecepatan dapat dikelompokkan berdasarkan pengendara, kendaraan, jalan, arus lalu-lintas dan lingkungan. Kecepatan kendaraan merupakan sesuatu yang sangat penting dalam transportasi karena besarnya pergerakan kendaraan akan mempengaruhi perekonomian, keamanan, waktu, dan pelayanan.

Kecepatan kendaraan merupakan besarnya pergerakan arus lalu-lintas atau suatu komponen lalu-lintas tertentu yang umumnya dinyatakan dalam mil/jam atau km/jam. Terdapat tiga macam ukuran kecepatan (Hobbs, 1979) yaitu :

- a. Kecepatan setempat (spot speed)  
Kecepatan setempat (stop speed) adalah kecepatan kendaraan pada suatu saat diukur dari suatu tempat yang ditentukan.
- b. Kecepatan bergerak (running speed)  
Kecepatan bergerak (running speed) adalah kecepatan kendaraan rata-rata pada suatu jalur pada saat kendaraan bergerak (tanpa penundaan) dan didapat dengan membagi panjang jalur dengan lama waktu kendaraan bergerak menempuh jalur tersebut. Waktu kendaraan bergerak dapat diperoleh dengan mengurangi waktu perjalanan dengan waktu tunda.
- c. Kecepatan perjalanan (journey speed)  
Kecepatan perjalanan (journey speed) adalah kecepatan efektif kendaraan yang sedang dalam perjalanan antara dua tempat, dan merupakan jarak antara dua tempat dibagi dengan lama waktu bagi kendaraan untuk menyelesaikan perjalanan antara dua tempat tersebut, dengan waktu lama ini mencakup setiap waktu berhenti yang ditimbulkan oleh hambatan (penundaan) lalu-lintas.

Dari definisi-definisi di atas, dapat diketahui bahwa tundaan sangat berpengaruh terhadap kecepatan. Semakin besar tundaan yang ada maka semakin kecil kecepatan kendaraan. Selain tundaan, kecepatan

kendaraan juga sangat berhubungan erat dengan volume kendaraan dan kecepatan kendaraan. Hubungan ini dinyatakan sebagai berikut :

- a. Hubungan antara kecepatan-volume kendaraan : dengan bertambahnya volume kendaraan di suatu ruas jalan, kecepatan rata-rata akan berkurang secara linier sampai volume lalu-lintas mencapai kapasitas dari jalan tersebut dengan kondisi jalan dan lalu-lintas yang ada.
- b. Hubungan antara kecepatan-kepadatan kendaraan : secara garis besar, dengan meningkatnya kepadatan kendaraan maka kecepatan kendaraan akan semakin berkurang.

Volume kendaraan dan kepadatan kendaraan yang tinggi dapat disebut sebagai tundaan khususnya operasional. Dengan adanya tundaan ini maka kecepatan kendaraan akan berkurang sehingga waktu tempuh perjalanan semakin bertambah. Oleh karena itu, tingkat pelayanan jalan akan dipengaruhi oleh besarnya kecepatan kendaraan yang juga dipengaruhi oleh tundaan-tundaan yang ada. Kecepatan juga dipengaruhi oleh lebar jalan dan guna lahan yang ada. Penurunan kecepatan dapat diakibatkan oleh besarnya gangguan sisi jalan, seperti parkir dan keluar-masuknya kendaraan, serta kegiatan pejalan dan perdagangan yang menjorok ke badan jalan. Setiap guna lahan akan mempunyai pengaruh tersendiri terhadap intensitas volume dan kecepatan.

### **Hubungan antara Tundaan dengan Ratio Volume-Kapasitas**

Untuk mengetahui kondisi pelayanan suatu jaringan jalan, biasanya diukur dari rasio antara volume kendaraan dan kapasitas jalan. Volume kendaraan disini menggambarkan permintaan terhadap lalu-lintas sedangkan kapasitas jalan menggambarkan persediaan kemampuan jalan dalam mengakomodasi lalu-lintas. Kondisi pelayanan jalan dikatakan telah mengalami masalah jika rasio antara volume dengan kapasitas sudah melebihi satu, yang berarti bahwa jalan tersebut telah melayani lalu-lintas di atas kemampuannya. Pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia no.26 tahun 1985 pada bagian persyaratan jalan menurut peranan disebutkan bahwa kondisi volume

lalu-lintas yang sama dengan kapasitas yang tersedia adalah kondisi arus lalu-lintas dengan ciri-ciri :

- a. Kebebasan gerak, mendahului, memilih jalur, memilih kecepatan, kenyamanan dan pengeluaran biaya operasi kendaraan bagi pengemudi berada pada titik yang mulai tidak menguntungkan
- b. Arus lalu-lintas tidak stabil dan/atau dipaksa, sehingga terjadi kongesti (kendaraan berjalan perlahan tetapi tidak sampai berhenti) atau kemacetan (kendaraan terpaksa berhenti dan menunggu di luar keinginan pengemudi).

Dengan adanya berbagai macam tundaan, baik tundaan tetap maupun tundaan operasional, di suatu ruas jalan maka kondisi arus lalu-lintas di atas akan sangat mudah untuk dipengaruhi. Oleh karena itu, tundaan dapat menyebabkan rasio antara volume kendaraan dengan kapasitas jalan mendekati satu yang mengakibatkan kecepatan kendaraan rendah dan waktu tempuh perjalanan yang tinggi sehingga pada akhirnya tingkat pelayanan jalan pun akan rendah.

### **Analisa *Volume-Delay Function***

Analisa *Volume-Delay Function* merupakan hubungan yang ditetapkan antara volume kendaraan dengan waktu tempuh perjalanan (*travel time*). Persamaan ini menggunakan fungsi persamaan model dari *Bureau of Publik Roads (BPR) Traffic Assignment Manual U.S. Dept. of Commerce, Urban Planning Division, Washington D.C.*

$$T = T_o ( 1 + \alpha (x)^\beta )$$

Dengan  $x = v/c$

T = Waktu Tempuh

T<sub>o</sub> = Waktu Tempuh Arus Bebas

v = Volume kendaraan

c = Kapasitas jalan

Angka 1 (satu) menunjukkan tingkat waktu tundaan untuk masing-masing kondisi, dan nilai  $\alpha$  diambil dari hasil regresi untuk kondisi tidak ada manuver dan ada manuver. Pada penelitian ini fungsi dari *Volume-Delay Function* digunakan untuk mengetahui

perbedaan waktu tempuh kendaraan yang melintasi ruas-ruas jalan di kota Manado.

### **Waktu Tundaan menurut MKJI 1997**

Haruslah dimengerti bahwa waktu tundaan yang disajikan menurut MKJI 1997 tidak ditampilkan dalam bentuk persamaan melainkan dalam bentuk grafik. Oleh karena itu maka dari bentuk grafik ini haruslah dibuat suatu persamaan yang mewakili grafik yang tersedia pada MKJI 1997.

MKJI 1997 membagi VDF ke dalam dua kategori, dimana yang pertama adalah VDF untuk jalan 2/2 UD (Dua lajur, dua arah, tidak terbagi) dan yang kedua adalah VDF untuk jalan yang terdiri dari beberapa lajur jalan.

### **Kapasitas Jalan**

Kapasitas suatu ruas jalan didefinisikan sebagai jumlah maksimum kendaraan yang dapat melintasi suatu ruas jalan yang uniform per jam, dalam satu arah untuk jalan dua lajur dua arah dengan median atau total dua arah untuk jalan dua lajur tanpa median, selama satuan waktu tertentu pada kondisi jalan dan lalu lintas yang tertentu. Kondisi jalan adalah kondisi fisik jalan, sedangkan kondisi lalu lintas adalah sifat lalu lintas (nature of traffic). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas jalan antara lain: 1. Faktor jalan, seperti lebar lajur, kebebasan lateral, bahu jalan, ada median atau tidak, kondisi permukaan jalan, alinyemen, kelandaian jalan, trotoar dan lain-lain. 2. Faktor lalu lintas, seperti komposisi lalu lintas, volume, distribusi lajur, dan gangguan lalu lintas, adanya kendaraan tidak bermotor, gangguan samping, dan lainlain. 3. Faktor lingkungan, seperti misalnya pejalan kaki, pengendara sepeda, binatang yang menyeberang, dan lain-lain. Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997), memberikan metoda untuk memperkirakan kapasitas jalan di Indonesia yaitu dengan rumus sebagai berikut :

$$C = C_o \times F_{cw} \times F_{Csp} \times F_{Csf} \times F_{CCs}$$

Dimana : C = Kapasitas (smp/jam)

C<sub>o</sub> = Kapasitas dasar (smp/jam)

F<sub>cw</sub> = Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas

F<sub>Csp</sub> = Faktor penyesuaian akibat pemisah arah

F<sub>Csf</sub> = Faktor penyesuaian akibat hambatan samping

F<sub>CCs</sub> = Faktor penyesuaian untuk ukuran kota

### **Survey Lalu Lintas**

#### **Survey Volume**

Survey volume dilakukan dengan mencatat jumlah kendaraan yang melalui suatu titik tinjau dan interval waktu tertentu dijalan untuk masing-masing jenis kendaraan. Metode survey volume lalu lintas yang dipakai pada penelitian ini adalah metode survey manual. Metode survey manual adalah adalah pencatatan jumlah kendaraan dengan tenaga manusia. Cara ini adalah paling sederhana. Pencatatan dilakukan pada kertas formulir, tiap kali sebuah kendaraan yang lewat dicatat pada kertas formulir.

#### **Survey Waktu Tempuh Kendaraan**

Survey waktu tempuh kendaraan dilakukan untuk mengetahui lamanya waktu (dalam satuan detik) kendaraan yang melintas pada suatu ruas jalan. Metode survey yang digunakan yakni dengan melakukan pilot study dan bantuan alat bantu penentu waktu (*Stop Watch*) dalam rangka mengetahui lamanya waktu tempuh kendaraan yang melintas di suatu ruas jalan, terutama pada jam-jam puncaknya.

#### **Komposisi Lalu Lintas**

Pada kenyataan di lapangan arus lalu lintas yang terjadi tidaklah homogen sejumlah kendaraan dengan berbagai jenis, ukuran dan sifatnya membentuk suatu arus lalu lintas. Keseragaman ini membentuk karakteristik lalu lintas yang berbeda untuk setiap komposisi dan berpengaruh terhadap arus lalu lintas secara keseluruhan. Dengan latar belakang seperti yang sering terjadi di lapangan, maka diperlukan suatu besaran yang menyatakan sebuah jenis kendaraan terhadap arus lalu lintas secara keseluruhan.

Keragaman ini membentuk karakteristik arus lalu lintas yang berbeda untuk setiap komposisi dan berpengaruh pula terhadap

arus lalu lintas secara keseluruhan. Dengan kenyataan seperti yang terjadi di lapangan diperlukan suatu besaran yang akan menyatakan pengaruh sebuah jenis kendaraan terhadap arus lalu lintas secara keseluruhan. Satuan mobil penumpang (smp) merupakan sebuah besaran yang menyatakan ekivalensi pengaruh setiap jenis kendaraan. Yang dibandingkan terhadap jenis kendaraan penumpang. Dengan besaran ini diharapkan dapat dinilai setiap komposisi lalu lintas. Untuk pemakaian praktis harga-harga satuan mobil penumpang (smp) dari setiap jenis kendaraan dipergunakan harga koefisien standar sebagai nilai pembanding. Nilai pembanding itu dinyatakan dalam ekivalensi mobil penumpang (emp). Dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Faktor konversi ekivalensi mobil penumpang (emp)

No	Jenis Kendaraan	Emp
1	Sepeda Motor	0,50
2	Kendaraan Ringan	1,00
3	Kendaraan Berat	1,80

Sumber : MKJI 1997

### Karakteristik Arus Lalu Lintas

Adapun karakteristik dari arus lalu lintas adalah volume (*flow*), kecepatan (*speed*) dan kepadatan (*density*).

### Volume

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Pada dasarnya volume lalu lintas yang tinggi akan membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar agar aman dan nyaman. Sebaliknya, apabila jalan dibuat terlalu lebar namun volume lalu lintasnya rendah, maka akan cenderung membahayakan. Satuan volume lalu lintas adalah Lalu lintas Harian Rata (LHR), Volume Jam Perencanaan (VJP) dan kapasitas lalu lintas harian rerata. Untuk lalu lintas rendah akan cukup memuaskan, namun pada lalu lintas yang tinggi tidak dapat menggambarkan perubahan lalu lintas dalam berbagai keadaan, masalahnya volume rerata yang dipakai akan

menghasilkan jalan yang tidak mencukupi. Sedangkan volume pada jam sibuk atau peak time akan terjadi beban maksimal dalam waktu yang singkat sehingga tidak ekonomis. Dasar perencanaan volume harus tidak terlalu sering dilampaui sehingga pada waktu tertentu jalan akan renggang untuk itulah sebagai dasar perencanaan dipakai Volume Jam Perencanaan (PJT) atau Design Hourly Value (DHV).

#### a. Lalu Lintas Harian Rerata (LHR)

Lalu lintas harian rerata adalah volume lalu lintas rerata dalam satu hari, dalam satu tahun kedua jurusan dan harus diketahui arah dan tujuan lalu lintas. Pada Lalu lintas Harian Rerata Tahunan (LHRT) adalah jumlah lalu lintas dalam satu tahun dibagi dengan 365 hari. Yang menjadi masalah dalam LHRT sangat mahal, sehingga biasanya yang dipakai adalah Lalu Lintas Harian Rerata (LHR). LHR adalah hasil bagi dari jumlah kendaraan yang diperoleh selama observasi dan lamanya observasi (Suryadharma, 1999). Data LHR ini cukup teliti apabila: Pengamatan dilakukan pada interval-interval waktu, yang cukup menggambarkan fluktuasi arus lalu lintas selama satu tahun. Hasil LHR yang digunakan adalah harga rerata dari perhitungan LHR beberapa kali.

$$LHR = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}}$$

#### b. Volume Jam Perencanaan (VJP)

Volume Jam Perencanaan adalah volume lalu lintas dalam satu jam yang dipakai sebagai dasar perencanaan. Volume satu jam yang dapat dipergunakan sebagai VJP harus memenuhi kriteria: Volume tersebut tidak boleh terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalu lintas setiap jam untuk periode satu tahun. Apabila terdapat volume lalu lintas perjam yang mewakili VJP, maka kelebihan tersebut tidak boleh memiliki nilai yang terlalu besar. Volume tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang sangat besar karena akan mengakibatkan jalan sering lengang dan tidak ekonomis (Suryadharma, 1999).

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas Selama Pengamatan 1 Tahun}}{\text{Jumlah Hari Pengamatan Selama 1 Tahun}}$$

**Kecepatan**

Kecepatan didefinisikan sebagai laju pergerakan yang biasanya dinyatakan dalam kilometer/jam dan umumnya dibagi menjadi tiga jenis :

- a. Kecepatan setempat (spot speed)  
Kecepatan setempat adalah kecepatan kendaraan pada suatu saat diukur dari suatu tempat yang ditentukan.
- b. Kecepatan bergerak (running speed)  
Kecepatan bergerak adalah kecepatan kendaraan rata-rata pada suatu jalur pada saat kendaraan bergerak dan didapat dengan membagi panjang jalur dengan lama waktu kendaraan bergerak menempuh jalur tersebut.
- c. Kecepatan perjalanan (journey speed)

**Kepadatan**

Kepadatan adalah pengukuran ketiga dari kondisi arus lalu lintas, dan diartikan sebagai jumlah kendaraan yang ada pada satu jalan raya atau jalur dan biasanya dinyatakan dalam kendaraan/mil atau kendaraan/mil/jalur.

Kepadatan sulit dihitung secara langsung, tetapi dapat dihitung dari kecepatan dan volume, sebagai bagian dari hubungan antara tiga variable berikut :

$$F = S \times D$$

$$D = F / S$$

Dimana:

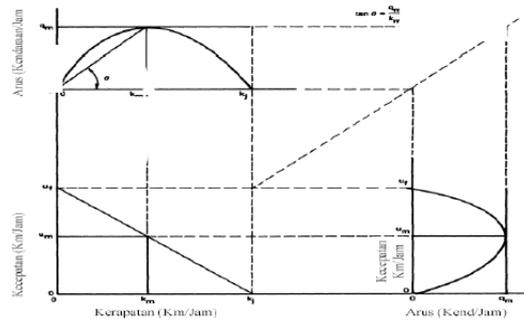
- F = rate of flow (vph)
- S = Kecepatan (mph)
- D = Kepadatan (vph)

**Hubungan Matematis Antara Volume, Kecepatan, dan Kepadatan**

Menurut Tamin karakteristik ini dapat dipelajari dengan suatu hubungan matematik di antara ketiga parameter di atas yaitu kecepatan, arus dan kepadatan lalu lintas pada ruas jalan. Hubungan matematis tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$V = D \cdot S$$

Hubungan di atas bila dijelaskan dalam Gambar:



Gambar 1. Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kepadatan

Sumber : *Transportation Engineering An Introduction* halaman 117

**Tingkat Pelayanan / Kinerja Jalan**

Untuk mengukur kualitas pelayanan dari ruas jalan adalah dengan menggunakan tingkat pelayanan dimana parameter kualitas ruas jalan tersebut antara lain adalah :

- 1. Kecepatan
- 2. V/C ratio (derajat kejenuhan)
- 3. Tingkat Pelayanan

Untuk menjelaskan kualitas jalan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan	V/C ratio	
A	< 0,2	< $\frac{1}{5}$
B	0,2 – 0,44	$\frac{1}{5} - \frac{11}{25}$
C	0,45 – 0,74	$\frac{9}{20} - \frac{37}{50}$
D	0,75 – 0,84	$\frac{3}{4} - \frac{21}{25}$
E	0,85 – 1,00	$\frac{17}{20} - 1$
F	>1,00	> 1

Sumber : *Memuju Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang Tertib*

Tingkat Pelayanan A: kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan.

Tingkat Pelayanan B: Arus stabil tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas, pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan.

Tingkat Pelayanan C: Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan.

Tingkat Pelayanan D: Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan, V/C masih dapat ditolerir.

Tingkat Pelayanan E: Volume lalu lintas mendekati atau berada pada kapasitas, arus tidak stabil, kecepatan kadang terhenti.

Tingkat Pelayanan F: Arus yang dipaksakan atau macet, kecepatan rendah, arus kedatangan melebihi kapasitas, antrian panjang dan terjadi hambatan-hambatan yang besar.

Tabel 3. Kebutuhan Data Ruas Jalan dan Lalu Lintas

No	Nama Data	Jenis Data	Teknik Pengumpulan Data	Kegunaan Data
1	Lebar Jalan	Data Primer	Observasi	Identifikasi dan pembatasan sistem
2	Panjang Segmen	Data Primer	Observasi	Menentukan kecepatan
3	Waktu Tempuh	Data Primer	Traffic Count : Speedgun	Menentukan waktu tempuh
4	Volume Lalu Lintas	Data Primer	Traffic Count	Mendapatkan fluktuasi arus
5	Peta Lokasi	Data sekunder	Diambil Dari Pencitraan Satelit (Google earth)	Sebagai referensi menentukan layout lokasi survei

Lokasi yang ditinjau yakni ruas jalan Pierre Tendean atau yang lebih dikenal dengan jalan Boulevard Manado. Secara lebih terperinci lokasi penelitian terdiri dari satu (1) ruas jalan arteri yang berada di wilayah kota Manado, dibagi menjadi dua (2) segmen, yaitu :

1. Ruas jalan arteri Jalan Boulevard Segmen Satu (1) yaitu dari Pos Polisi sampai jembatan kuning Sario.
2. Ruas jalan arteri Jalan Boulevard Segmen Dua (2) yaitu dari Jembatan Kuning Sario sampai Mega Mall.

Peta untuk ruas jalan *Boulevard* yang merupakan lokasi penelitian dan posisi surveyor dapat dilihat pada gambar :



Gambar 5. Posisi Awal Ruas Jalan Pierre Tendean (Pos Polisi)

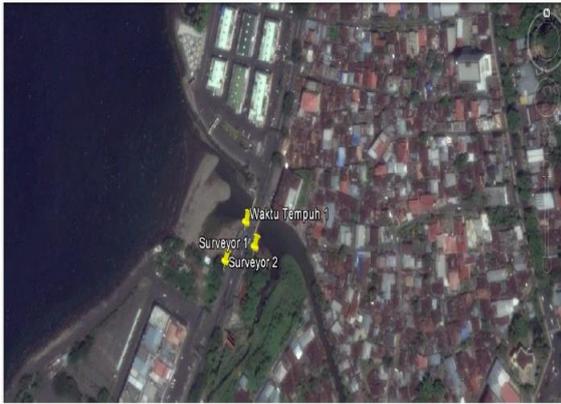
## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode observasi untuk mengumpulkan data primer, sekunder. Penentuan unit sampel observasi didasarkan pada *Stratified Cluster Sampling Method*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Data Geometrik Jalan dan Kapasitas Jalan

Data yang digunakan adalah merupakan variabel yang diambil langsung dilapangan dengan mengadakan observasi Adapun pengambilan data dilakukan dalam waktu tertentu dengan kajian data primer dan data sekunder. Jenis data yang dibutuhkan dan kegunaannya dapat dilihat selengkapnya pada tabel :



Gambar 6. Posisi Pertengahan Ruas Jalan Pierre Tendeau (Jembatan Kuning Sario)

Secara rinci data ruas jalan pada Ruas Jalan Arteri Boulevard, segmen Pos Polisi – Jembatan Kuning Sario dan segmen Jembatan Kuning Sario-Mega Mall, dapat di jelaskan sebagai berikut :

- 1.Terdiri dari 4 lajur, 1 arah dengan atau/ tanpa pembatas median
- 2.Lebat masing-masing lajur : 3,5 m.
- 3.Pemisah lajur berupa marka garis lurus terputus-putus / beton.
- 4.Kondisi perkerasan relatif baik
- 5.Bahu jalan (diperkeras)

Jika arus lalu lintas meningkat pada ruas jalan tertentu, waktu tempuh pasti bertambah (karena kecepatan menurun). Arus maksimum yang dapat melewati suatu ruas jalan biasa disebut kapasitas ruas jalan. Kapasitas ruas jalan perkotaan biasanya dinyatakan dengan kendaraan (atau dalam Satuan Mobil Penumpang/SMP).

Analisis kapasitas jalan Pierre Tendeau diasumsikan sama untuk masing-masing ruas jalan dari Patung – Jembatan dan ruas jalan dari Jembatan – Mega Mall. Proses analisis ini dilakukan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997), khususnya pada bab 5 yakni jenis jalan perkotaan satu arah. Hasil perhitungan kapasitas ruas jalan Pierre Tendeau dapat dilihat pada tabel berikut di bawah ini :

Perhitungan Kapasitas Ruas Jalan Arteri Jalan Boulevard diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS}$$

di mana :

C= Kapasitas (smp/jam)

Co=Kapasitas Dasar (smp/jam). Digunakan Dua atau lebih lajur tidak terbagi dengan kapasitas dasar  $C_0 = 2900$  .

$FC_w$ =Faktor Penyesuaian Lebar Jalan., untuk jalan Dua atau lebih lajur tidak terbagi dengan lebar jalur lalu lintas sebesar  $\geq 7$  meter maka  $FC_w = 1,08$

$FC_{SP}$ =Faktor Penyesuaian Pemisah Arah., untuk jalan dua lajur atau lebih dengan atau /tanpa pembatas median faktor penyesuaian kapasitas pemisahan arah digunakan  $FC_{SP} = 1,00$

$FC_{SF}$ =Faktor Penyesuaian Hambatan Samping dan Bahu Jalan., untuk faktor penyesuaian hambatan samping digunakan faktor penyesuaian hambatan samping untuk jalan dengan dengan kelas hambatan samping sedang dan dengan jarak antara kedua penghalang (pohon) 0,3 meter maka diperoleh  $FC_{SF} = 0,91$ .

$FC_{CS}$ =Faktor Penyesuaian Ukuran Kota. Dengan jumlah penduduk kota Manado yang berjumlah 451.172 jiwa, maka digunakan faktor penyesuaian ukuran kota  $FC_{CS} = 1,04$

Hasil perhitungan kapasitas jalan dapat dilihat pada tabel :

Tabel 4. Kapasitas (C) untuk Ruas Jalan Boulevard , segmen Pos Polisi-Jembatan Kuning Sario dan sesudah Jembatan Kuning Sario-Mega Mall

Kapasitas Dasar	Faktor Penyesuaian Untuk Kapasitas				Kapasitas
	Lebar Jalur	Pemisah arah	Hambatan Samping	Ukuran Kota	
CO	FC <sub>w</sub>	FC <sub>SP</sub>	FC <sub>SF</sub>	FC <sub>CS</sub>	C
Smp/jam	FC <sub>w</sub>	FC <sub>SP</sub>	FC <sub>SF</sub>	FC <sub>CS</sub>	Smp/jam
1	2	3	4	5	(1)x(2)x(3)x(4)x(5)
2900.00	1.08	1.00	0.91	1.04	2964

Sumber : Hasil Perhitungan

**Volume Lalu Lintas dan Waktu Tempuh Kendaraan**

**Analisa Data Lalu lintas**

Untuk survey volume lalu lintas yang dilakukan pada masing-masing ruas jalan tinjauan maka dilakukan selama 5 (lima) hari, di mana 2 (dua) hari ditetapkan untuk mewakili hari kerja, yakni hari Senin dan hari Jumat, dan 2 (dua) hari ditetapkan untuk mewakili hari libur, yakni hari Sabtu dan hari Minggu, serta 1 (satu) hari ditetapkan untuk mewakili hari yang lain yakni hari Rabu. Pekerjaan Survey dilakukan oleh 6 (lima) orang tenaga manusia dengan cara perhitungan biasa (*hand calculating*). Pelaksanaan survey lokasi penelitian dilakukan mulai dari hari Sabtu 22 April 2017, hari Minggu 23 April 2017, hari Senin 24 April 2017, hari Rabu 26 April 2017, dan hari Jumat 28 April 2017. Interval waktu untuk survey pada masing-masing hari dibagi menjadi 2 bagian yakni untuk mewakili jam puncak Pagi dan jam puncak Sore. Interval waktu untuk jam puncak Pagi yakni pada jam 07.00 – 09.00 WITA, sedangkan interval waktu untuk jam puncak Sore yakni pada jam 16.00 – 18.00 WITA.

Data-data volume kendaraan yang diambil yakni berdasarkan rentang interval waktu 5 (lima) menit di mana untuk kelompok jenis kendaraan disesuaikan dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997). Kelompok jenis kendaraan yang dimaksud terdiri dari 3 (tiga) kelompok yakni kendaraan berat (HV), kendaraan ringan (LV), dan sepeda motor (MC). Data-data yang diperoleh berdasarkan kelompok jenis kendaraan yang diperoleh dalam satuan kendaraan/jam dimultiplikasi dengan faktor konversi, yang sesuai dengan MKJI 1997 yakni emp dan kemudian dikelompokkan kembali setelah dijumlahkan dalam satuan mobil penumpang pada setiap jamnya, smp/jam. Adapun data-data yang telah dihitung dan diolah dapat dilihat pada tabel-tabel pada halaman berikut.

Tabel 5. Volume Lalu Lintas Per 5 Menit (Sabtu, 22 April 2017) Ruas Jalan 1 : Patung - Jembatan

Waktu	Jenis Kendaraan								Total Kendaraan
	LV emp = 1.0		HV emp = 1.3		MC emp = 0.2		Smp/5'		
	Kend	SMP	Kend	SMP	Kend	SMP			
07 00 - 07 05	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 05 - 07 10	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 10 - 07 15	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 15 - 07 20	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 20 - 07 25	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 25 - 07 30	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 30 - 07 35	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 35 - 07 40	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 40 - 07 45	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 45 - 07 50	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 50 - 07 55	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 55 - 08 00	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 00 - 08 05	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 05 - 08 10	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 10 - 08 15	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 15 - 08 20	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 20 - 08 25	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 25 - 08 30	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 30 - 08 35	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 35 - 08 40	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 40 - 08 45	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 45 - 08 50	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 50 - 08 55	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 55 - 09 00	0	0	0	0	0	0	0	0	
16 00 - 16 05	158	158	3	3.9	82	16.4	178		
16 05 - 16 10	126	126	4	5.2	79	15.8	147		
16 10 - 16 15	129	129	1	1.3	81	16.2	147		
16 15 - 16 20	110	110	3	3.9	89	17.8	132		
16 20 - 16 25	141	141	2	2.6	93	18.6	162		
16 25 - 16 30	118	118	1	1.3	123	24.6	144		
16 30 - 16 35	106	106	0	0	137	27.4	133		
16 35 - 16 40	103	103	4	5.2	106	21.2	129		
16 40 - 16 45	137	137	7	9.1	119	23.8	170		
16 45 - 16 50	114	114	1	1.3	136	27.2	143		
16 50 - 16 55	125	125	2	2.6	104	20.8	148		
16 55 - 17 00	131	131	1	1.3	81	16.2	149		
17 00 - 17 05	172	172	2	2.6	123	24.6	199		
17 05 - 17 10	174	174	0	0	131	26.2	200		
17 10 - 17 15	181	181	0	0	124	24.8	206		
17 15 - 17 20	169	169	1	1.3	119	23.8	194		
17 20 - 17 25	175	175	2	2.6	115	23	201		
17 25 - 17 30	166	166	1	1.3	109	21.8	189		
17 30 - 17 35	169	169	0	0	131	26.2	195		
17 35 - 17 40	162	162	0	0	102	20.4	182		
17 40 - 17 45	163	163	0	0	114	22.8	186		
17 45 - 17 50	166	166	3	3.9	117	23.4	193		
17 50 - 17 55	176	176	0	0	112	22.4	198		
17 55 - 18 00	178	178	1	1.3	124	24.8	204		

Tabel 6. Volume Lalu Lintas Per 15 Menit (Sabtu, 22 April 2017) Ruas Jalan 1 : Patung - Jembatan

Waktu	Jenis Kendaraan								Total Kendaraan	
	LV emp = 1.0		HV emp = 1.3		MC emp = 0.4		Smp/15'	Smp/Jam		
	Kend	SMP	Kend	SMP	Kend	SMP				
07 00 - 07 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 15 - 07 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 30 - 07 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07 45 - 08 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 00 - 08 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 15 - 08 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 30 - 08 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08 45 - 09 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16 00 - 16 15	413	413	8	10.4	242	96.8	520	2080		
16 15 - 16 30	369	369	6	7.8	305	122	499	1996		
16 30 - 16 45	346	346	11	14.3	362	144.8	505	2020		
16 45 - 17 00	370	370	4	5.2	321	128.4	504	2016		
17 00 - 17 15	527	527	2	2.6	378	151.2	681	2724		
17 15 - 17 30	510	510	4	5.2	343	137.2	652	2608		
17 30 - 17 45	494	494	0	0	347	138.8	633	2532		
17 45 - 18 00	520	520	4	5.2	353	141.2	666	2664		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. Volume Lalu Lintas Per 15 Menit  
(Sabtu, 22 April 2017)  
Ruas Jalan 2 : Jembatan – Mega Mall

Waktu 15 menit	Jenis Kendaraan								Total Kendaraan	
	LV emp = 1.0		HV emp = 1.3		MC emp = 0.4		Smp/15'	Smp/Jam		
	Kend	SMP	Kend	SMP	Kend	SMP				
07 00 - 07 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 15 - 07 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 30 - 07 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 45 - 08 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 00 - 08 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 15 - 08 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 30 - 08 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 45 - 09 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 00 - 16 15	408	408	5	6.5	601	240.4	655	2620		
16 15 - 16 30	430	430	15	19.5	560	224	674	2696		
16 30 - 16 45	450	450	4	5.2	551	220.4	676	2704		
16 45 - 17 00	441	441	5	6.5	499	199.6	647	2588		
17 00 - 17 15	444	444	5	6.5	492	196.8	647	2588		
17 15 - 17 30	478	478	12	15.6	521	208.4	702	2808		
17 30 - 17 45	473	473	4	5.2	537	214.8	693	2772		
17 45 - 18 00	504	504	2	2.6	503	201.2	708	2832		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 8. Volume Lalu Lintas Per 5 Menit  
(Sabtu, 22 April 2017)  
Ruas Jalan 2 : Jembatan – Mega Mall

Waktu 5 Menit	Jenis Kendaraan								Total Kendaraan	
	LV emp = 1.0		HV emp = 1.3		MC emp = 0.2		Smp/5'	Smp/Jam		
	Kend	SMP	Kend	SMP	Kend	SMP				
07 00 - 07 05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 05 - 07 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 10 - 07 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 15 - 07 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 20 - 07 25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 25 - 07 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 30 - 07 35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 35 - 07 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 40 - 07 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 45 - 07 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 50 - 07 55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07 55 - 08 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 00 - 08 05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 05 - 08 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 10 - 08 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 15 - 08 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 20 - 08 25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 25 - 08 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 30 - 08 35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 35 - 08 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 40 - 08 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 45 - 08 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 50 - 08 55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 55 - 09 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 00 - 16 05	156	156	1	1.3	276	55.2	213			
16 05 - 16 10	130	130	1	1.3	154	30.8	162			
16 10 - 16 15	122	122	3	3.9	171	34.2	160			
16 15 - 16 20	142	142	6	7.8	173	34.6	184			
16 20 - 16 25	156	156	5	6.5	186	37.2	200			
16 25 - 16 30	132	132	4	5.2	201	40.2	177			
16 30 - 16 35	121	121	1	1.3	192	38.4	161			
16 35 - 16 40	153	153	0	0	186	37.2	190			
16 40 - 16 45	176	176	3	3.9	173	34.6	215			
16 45 - 16 50	141	141	1	1.3	168	33.6	176			
16 50 - 16 55	147	147	2	2.6	175	35	185			
16 55 - 17 00	153	153	2	2.6	156	31.2	187			
17 00 - 17 05	130	130	1	1.3	144	28.8	160			
17 05 - 17 10	133	133	2	2.6	182	36.4	172			
17 10 - 17 15	181	181	2	2.6	166	33.2	217			
17 15 - 17 20	158	158	3	3.9	176	35.2	197			
17 20 - 17 25	162	162	5	6.5	168	33.6	202			
17 25 - 17 30	158	158	4	5.2	177	35.4	199			
17 30 - 17 35	161	161	1	1.3	191	38.2	201			
17 35 - 17 40	154	154	3	3.9	159	31.8	195			
17 40 - 17 45	158	158	0	0	187	37.4	195			
17 45 - 17 50	139	139	2	2.6	157	31.4	173			
17 50 - 17 55	186	186	0	0	153	30.6	217			
17 55 - 18 00	179	179	0	0	193	38.6	218			

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 9. Volume Lalu Lintas Per 5 Menit  
(Minggu, 23 April 2017)  
Ruas Jalan 1 : Patung - Jembatan

Waktu 5 Menit	Jenis Kendaraan								Total Kendaraan	
	LV emp = 1.0		HV emp = 1.3		MC emp = 0.4		Smp/5'	Smp/Jam		
	Kend	SMP	Kend	SMP	Kend	SMP				
07 00 - 07 05	46	46	0	0	0	0	88	13.6	90	
07 05 - 07 10	63	63	2	2.6	82	16.4	82			
07 10 - 07 15	65	65	1	1.3	88	17.6	84			
07 15 - 07 20	64	64	1	1.3	91	18.2	84			
07 20 - 07 25	68	68	1	1.3	78	15.6	85			
07 25 - 07 30	58	58	0	0	79	15.8	74			
07 30 - 07 35	76	76	2	2.6	101	20.2	99			
07 35 - 07 40	65	65	1	1.3	92	18.4	85			
07 40 - 07 45	94	94	0	0	103	20.6	115			
07 45 - 07 50	65	65	1	1.3	79	15.8	82			
07 50 - 07 55	86	86	1	1.3	98	19.6	107			
07 55 - 08 00	81	81	0	0	111	22.2	103			
08 00 - 08 05	65	65	1	1.3	87	17.4	84			
08 05 - 08 10	85	85	0	0	98	19.6	105			
08 10 - 08 15	75	75	2	2.6	84	16.8	94			
08 15 - 08 20	89	89	0	0	104	20.8	110			
08 20 - 08 25	81	81	0	0	117	23.4	104			
08 25 - 08 30	91	91	1	1.3	121	24.2	117			
08 30 - 08 35	84	84	0	0	109	21.8	106			
08 35 - 08 40	71	71	1	1.3	97	19.4	92			
08 40 - 08 45	87	87	0	0	104	20.8	108			
08 45 - 08 50	91	91	2	2.6	112	22.4	116			
08 50 - 08 55	83	83	1	1.3	109	21.8	105			
08 55 - 09 00	105	105	1	1.3	123	24.6	131			
16 00 - 16 05	88	88	1	1.3	138	27.6	117			
16 05 - 16 10	84	84	1	1.3	126	25.2	111			
16 10 - 16 15	85	85	0	0	123	24.6	110			
16 15 - 16 20	84	84	0	0	108	21.6	106			
16 20 - 16 25	89	89	1	1.3	107	21.4	112			
16 25 - 16 30	79	79	2	2.6	77	15.4	97			
16 30 - 16 35	76	76	1	1.3	99	19.8	97			
16 35 - 16 40	85	85	1	1.3	94	18.8	105			
16 40 - 16 45	94	94	1	1.3	121	24.2	120			
16 45 - 16 50	95	95	2	2.6	157	31.4	129			
16 50 - 16 55	113	113	1	1.3	130	26	140			
16 55 - 17 00	81	81	0	0	94	18.8	100			
17 00 - 17 05	95	95	0	0	92	18.4	113			
17 05 - 17 10	85	85	0	0	123	24.6	110			
17 10 - 17 15	105	105	2	2.6	156	31.2	139			
17 15 - 17 20	89	89	1	1.3	153	30.6	121			
17 20 - 17 25	109	109	2	2.6	153	30.6	142			
17 25 - 17 30	91	91	2	2.6	134	26.8	120			
17 30 - 17 35	84	84	2	2.6	147	29.4	116			
17 35 - 17 40	107	107	1	1.3	93	18.6	127			
17 40 - 17 45	87	87	2	2.6	97	19.4	109			
17 45 - 17 50	91	91	2	2.6	119	23.8	117			
17 50 - 17 55	83	83	1	1.3	152	30.4	115			
17 55 - 18 00	105	105	0	0	107	21.4	126			

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 10. Volume Lalu Lintas Per 15 Menit  
(Minggu, 23 April 2017)  
Ruas Jalan 1 : Patung - Jembatan

Waktu 15 menit	Jenis Kendaraan								Total Kendaraan	
	LV emp = 1.0		HV emp = 1.3		MC emp = 0.2		Smp/15'	Smp/Jam		
	Kend	SMP	Kend	SMP	Kend	SMP				
07 00 - 07 15	174	174	3	3.9	238	47.6	226	904		
07 15 - 07 30	190	190	2	2.6	248	49.6	242	968		
07 30 - 07 45	235	235	3	3.9	296	59.2	298	1192		
07 45 - 08 00	232	232	2	2.6	288	57.6	292	1168		
08 00 - 08 15	225	225	3	3.9	269	53.8	283	1132		
08 15 - 08 30	261	261	1	1.3	342	68.4	331	1324		
08 30 - 08 45	242	242	1	1.3	310	62	305	1220		
08 45 - 09 00	279	279	4	5.2	344	68.8	353	1412		
16 00 - 16 15	257	257	2	2.6	387	77.4	337	1348		
16 15 - 16 30	252	252	3	3.9	292	58.4	314	1256		
16 30 - 16 45	255	255	3	3.9	314	62.8	322	1288		
16 45 - 17 00	289	289	3	3.9	381	76.2	369	1476		
17 00 - 17 15	285	285	2	2.6	371	74.2	362	1448		

Waktu	Jenis Kendaraan								Total Kendaraan	
	LV emp = 1.0		HV emp = 1.3		MC emp = 0.4		Smp/15'	Smp/Jam		
	Kend	SMP	Kend	SMP	Kend	SMP				
07 00 - 07 15	134	134	1	1.3	181	72.4	208	832		
07 15 - 07 30	128	128	1	1.3	156	62.4	192	768		
07 30 - 07 45	132	132	2	2.6	203	81.2	216	864		
07 45 - 08 00	154	154	1	1.3	160	64	219	876		
08 00 - 08 15	145	145	1	1.3	184	73.6	220	880		
08 15 - 08 30	176	176	0	0	256	102.4	278	1112		
08 30 - 08 45	148	148	1	1.3	184	73.6	223	892		
08 45 - 09 00	192	192	2	2.6	246	98.4	293	1172		
16 00 - 16 15	242	242	3	3.9	379	151.6	398	1592		
16 15 - 16 30	305	305	2	2.6	369	147.6	455	1820		
16 30 - 16 45	362	362	4	5.2	346	138.4	506	2024		
16 45 - 17 00	321	321	2	2.6	370	148	472	1888		
17 00 - 17 15	378	378	1	1.3	527	210.8	590	2360		
17 15 - 17 30	343	343	1	1.3	510	204	548	2192		
17 30 - 17 45	347	347	0	0	494	197.6	545	2180		
17 45 - 18 00	353	353	2	2.6	520	208	564	2256		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 28. Data Waktu Tempuh Kendaraan (Rabu, 26 April 2017)

Keterangan Waktu	Waktu Tempuh Kendaraan (TT)					TT Rata-Rata (Mnt)
	Sampel 1 (Mnt)	Sampel 2 (Mnt)	Sampel 3 (Mnt)	Sampel 4 (Mnt)	Sampel 5 (Mnt)	
Jam Puncak Pagi (Pos Polisi-Jembatan)	3.26	4.02	2.68	3.45	3.76	3.434
Jam Puncak Pagi (Jembatan-Mega-mall)	5.29	6.31	5.77	6.17	5.84	5.876
Jam Puncak Sore (Pos Polisi-Jembatan)	5.09	4.21	4.17	3.89	4.28	4.328
Jam Puncak Sore (Jembatan-Mega-mall)	8.88	11.04	10.25	10.99	12.47	10.726

Sumber : Hasil Perhitungan

Hubungan Arus Lalu Lintas Dengan Waktu Tempuh

Besarnya waktu tempuh pada suatu ruas jalan sangat tergantung dari besarnya arus dan kapasitas ruas jalan tersebut. Hubungan antara arus dengan waktu tempuh dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi dimana jika arus bertambah maka waktu tempuh akan bertambah juga. Waktu tempuh arus bebas ( $T_0$ ) dihitung berdasarkan data yang diperoleh dari hasil survey yaitu waktu tempuh ( $T$ ), volume kendaraan ( $v$ ) dan dari data kapasitas jalan ( $c$ ).

Tabel 30. Perhitungan Waktu Tempuh Bebas Jam Puncak Pagi 2 segmen

NO	T (Menit)	T (Jam)	Q(smp/jam)	C - Qi	Q / (C-Qi)	T x Q / (C-Qi)	[Q / (C-Qi)] <sup>2</sup>
1	1.65	0.0275	1412	1552	0.910	0.025	0.828
2	4.19	0.0698	1172	1792	0.654	0.046	0.428
3	3.434	0.0572	2936	28	104.857	6.001	10995.020
4	3.64	0.0607	2724	240	11.350	0.689	128.823
5	2.914	0.0486	2864	100	28.640	1.391	820.250
6	6.052	0.1009	2708	256	10.578	1.067	111.897
7	5.876	0.0979	2568	396	6.485	0.635	42.053
8	7.236	0.1206	2752	212	12.981	1.566	168.510
Σ		0.5832			176.455	11.419	12267.808
Rata-rata		0.0729			22.057		
$T_0$							4.6022 Menit

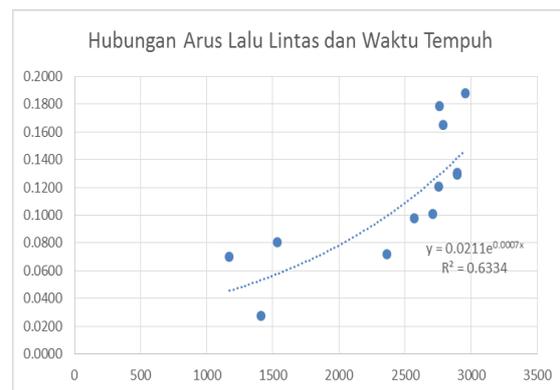
Tabel 31. Perhitungan Waktu Tempuh Bebas Jam Puncak Sore 2 segmen

NO	T (Menit)	T (Jam)	Q(smp/jam)	C - Qi	Q / (C-Qi)	T x Q / (C-Qi)	[Q / (C-Qi)] <sup>2</sup>
1	4.302	0.0717	2724	240	11.350	0.814	128.823
2	3.68	0.0613	2832	132	21.455	1.316	460.298
3	4.848	0.0808	1536	1428	1.076	0.087	1.157
4	4.328	0.0721	2360	604	3.907	0.282	15.267
5	3.634	0.0606	2960	4	740.000	44.819	547600.000
6	9.904	0.1651	2788	176	15.841	2.615	250.934
7	7.768	0.1295	2892	72	40.167	5.200	1613.361
8	11.27	0.1878	2956	8	369.500	69.404	136530.250
9	10.726	0.1788	2760	204	13.529	2.419	183.045
10	7.844	0.1307	2896	68	42.588	5.568	1813.758
Σ		1.1384			1259.413	132.5235	688596.8922
Rata-rata		0.11384			125.941		
$T_0$							6.9851 Menit

Tabel 32. Perhitungan Waktu Tempuh Bebas Jam Puncak 2 Segmen

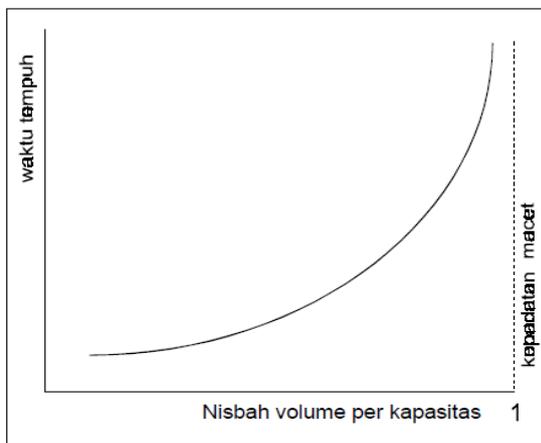
NO	T (Menit)	T (Jam)	Q(smp/jam)	C - Qi	Q / (C-Qi)	T x Q / (C-Qi)	[Q / (C-Qi)] <sup>2</sup>
1	1.65	0.0275	1412	1552	0.910	0.025	0.828
2	4.19	0.0698	1172	1792	0.654	0.046	0.428
3	6.052	0.1009	2708	256	10.578	1.067	111.897
4	5.876	0.0979	2568	396	6.485	0.635	42.053
5	7.236	0.1206	2752	212	12.981	1.566	168.510
6	4.848	0.0808	1536	1428	1.076	0.087	1.157
7	4.328	0.0721	2360	604	3.907	0.282	15.267
8	9.904	0.1651	2788	176	15.841	2.615	250.934
9	7.768	0.1295	2892	72	40.167	5.200	1613.361
10	11.27	0.1878	2956	8	369.500	69.404	136530.250
11	10.726	0.1788	2760	204	13.529	2.419	183.045
12	7.844	0.1307	2896	68	42.588	5.568	1813.758
Σ		1.3615			518.216	88.9128	140731.4874
Rata-rata		0.075640741			28.790		
$T_0$							3.8559 Menit

Berdasarkan data survey jam puncak gabungan segmen satu dan dua, maka dapat dibuatkan grafik hubungan arus lalu lintas (kepadatan) dengan waktu tempuh. Namun ada beberapa data yang oleh peneliti sengaja dikesampingkan dengan tujuan untuk mendapatkan grafik eksponensial hubungan arus lalu lintas dan kepadatan yang tepat sehingga hasil akhirnya dapat dilihat pada gambar :



Gambar 7. Hubungan Arus Lalu Lintas dan Waktu Tempuh

Berdasarkan grafik hubungan arus lalu lintas dan waktu tempuh di atas dapat dilihat bahwa hubungannya tidak linier. Dengan adanya penambahan kendaraan tertentu pada saat arus rendah maka akan menyebabkan penambahan waktu tempuh yang kecil jika dibandingkan dengan penambahan kendaraan pada saat arus tinggi. Hal ini menyebabkan garis regresi dalam grafik memiliki kecenderungan berbentuk eksponensial. Jika diperhatikan maka grafik ini memiliki kemiripan dengan fungsi tundaan yang merupakan hubungan antara nilai nisbah volume per kapasitas dengan waktu tempuh, seperti yang terlihat pada gambar pada halaman berikut.



Gambar 8. Hubungan antara Nilai Nisbah Volume per Kapasitas dengan Waktu Tempuh

Pada gambar ini terlihat bahwa kurva mempunyai asimtot pada saat arus mencapai kapasitas (atau nilai NVK mendekati satu). Secara sederhana dapat dilihat bahwa kapasitas tak akan pernah tercapai dan waktu tempuh akan meningkat pesat pada saat arus lalu lintas mendekati kapasitas.

Optimasi Nilai Parameter – Parameter Fungsi Tundaan Menggunakan Solver Sum Square Error

Dari hasil perhitungan waktu tempuh (T) menggunakan Rumus 1, maka nilai parameter-parameter fungsi tundaan ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) bisa didapat. Dan untuk mendapatkan estimasi yang baik bagi nilai parameter-parameter fungsi tundaan ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), digunakan metode jumlah

kuadrat (*sum square error*), yaitu metode yang meminimumkan jumlah kuadrat error, sehingga dari hasil *sum square error* didapatkan nilai parameter-parameter fungsi tundaan ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) yang teroptimasi.

Tabel 33. Sum Square Error (SSE) untuk Perhitungan Parameter Tundaan  $\alpha$  dan  $\beta$

$T_0$ (jam)	c (smp/jam)	$Q_0$ (smp/jam)	$T_{measured}$ (jam)	$T_{predicted}$ (jam)	error (6)=(4)-(5)	squared error (7)=(6)^2
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0.061597	2964	1412	0.0275	0.062133316	(0.0346)	0.001199467
0.061597	2964	1172	0.0698	0.061596667	0.0082	6.78427E-05
0.061597	2964	2708	0.1009	0.202273967	(0.1014)	0.010283441
0.061597	2964	2568	0.0979	0.061596667	0.0363	0.001320353
0.061597	2964	2752	0.1206	0.061596667	0.0590	0.003481393
0.061597	2964	1536	0.0808	0.061596667	0.0192	0.000368768
0.061597	2964	2360	0.0721	0.061596667	0.0105	0.000111021
0.061597	2964	2788	0.1651	0.061596667	0.1035	0.010706041
0.061597	2964	2892	0.1295	0.061596667	0.0679	0.004606337
0.061597	2964	2956	0.1878	0.061596667	0.1262	0.015935696
0.061597	2964	2760	0.1788	0.061596667	0.1172	0.013728809
0.061597	2964	2896	0.1307	0.061596667	0.0691	0.004779879
SSE =						0.066589047

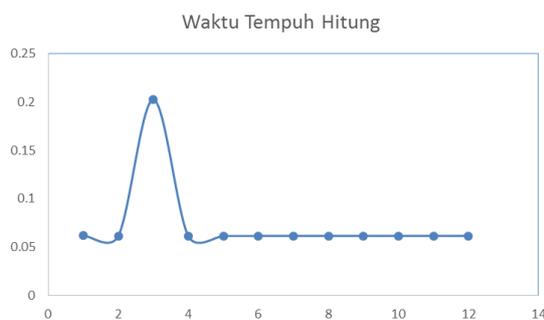
$\alpha = 0.047384$   
 $\beta = 2.283846$

Dari tabel di atas, dapat dibuat grafik perbandingan waktu tempuh berdasarkan survey dan waktu tempuh perhitungan dengan menggunakan persamaan *BPR Traffic Assignment Manual U.S Dept. of Commerce, Urban Planning Division Washington D.C.* Besar nilai Alpha ( $\alpha$ ) yang dihasilkan dari analisis yakni sebesar 0.047384 dan cukup berbeda dengan nilai Alpha ( $\alpha$ ) dari persamaan fungsi tundaan BPR yakni sebesar 0.15. Sedangkan untuk besar nilai besar Beta ( $\beta$ ) yang dihasilkan dari analisis yakni sebesar 2.283846 dan cukup berbeda dengan nilai Beta ( $\beta$ ) dari persamaan fungsi tundaan BPR yakni sebesar 4. Hal ini disebabkan oleh karena persamaan VDT BPR ditetapkan berdasarkan perilaku arus kendaraan yang merupakan jalan bebas hambatan. Seperti kita ketahui bahwa arus kendaraan yang terdapat pada jalan Boulevard Manado merupakan arus lalu lintas yang pada jam-jam puncaknya hampir

mendekati arus jenuh sehingga nilai parameter-parameter fungsi tundaannya tentunya akan lebih mengecil. Adapun grafik perbandingan waktu tempuh berdasarkan survey dan waktu tempuh perhitungan dapat dilihat pada gambar-gambar pada halaman berikut.



Gambar 9. Grafik Waktu Tempuh Berdasarkan Survey



Gambar 10. Grafik Waktu Tempuh Berdasarkan Perhitungan

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis disimpulkan sebagai berikut :

1. Survei primer berupa survei lalu lintas pada ruas jalan dengan fungsi Arteri di Kota Manado, diperoleh data lalu lintas pada saat jam puncak sebagai berikut :
  - a. Jam Puncak Pagi Ruas Jalan Arteri Jalan Boulevard didapatkan waktu tempuh T(menit) maksimum 7,236 menit dengan kapasitas kendaraan 2752 smp/jam.
  - b. Jam Puncak Sore Ruas Jalan Arteri Jalan Boulevard didapatkan waktu tempuh

T(menit) maksimum 7,236 menit dengan kapasitas kendaraan 2752 smp/jam.

2. Waktu tempuh arus bebas  $T_0$  berdasarkan hasil survey waktu tempuh T(menit) dan kapasitas Q(smp/jam) dengan perhitungan dihasilkan untuk waktu tempuh arus bebas jam puncak pagi = 4.6022 Menit (0.076703855 jam), untuk waktu tempuh arus bebas jam puncak sore = 6.9851 Menit (0.11641783 jam), dan untuk waktu tempuh arus bebas jam puncak gabungan pagi dan sore = 3.8559 Menit (0.064264484 jam).
3. Kalibrasi parameter-parameter fungsi tundaan terhadap VDF BPR yakni nilai Alpha ( $\alpha$ ) sebesar 0.047384, dan nilai Beta ( $\beta$ ) sebesar 2.283846.

### Saran

Saran yang dicapai di dalam penelitian ini yakni dalam rangka mendapatkan model waktu tundaan kendaraan di kota Manado diharapkan supaya dapat dilakukan juga dengan menggunakan fungsi-fungsi VDF yang lain dan tidak hanya terbatas pada VDF dari BPR. Analisa juga dapat dilakukan terhadap ruas jalan lainnya seperti ruas jalan dengan fungsi Kolektor dan lokal yang berpengaruh terhadap arus lalu lintas jalan sekitar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, 1999, "Rekayasa Lalu Lintas", Cetakan Pertama, Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas Angkutan Kota, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta.
- Akcelik, R., 1989, *Traffic Signals; Capacity and Timing Analysis*, Australian Road Research Board, Report No. 123, Vermont South, Victoria, Australia.
- Ang Alfredo H-S dan Wilson H.Tang. 1987, "Konsep-konsep Probabilitas dalam Perencanaan dan Perancangan Rekayasa", Jilid 1 Erlangga. Jakarta
- Button, K.J., 1986, *Transport Economics*, Gower Publishing Company Ltd, London.

- C. J. Khisty dan Kent Lall. 2003, "Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi", Jilid 1 dan 2. Erlangga. Jakarta
- Clarkson C. dan Hicks G. R. 1999, Teknik Jalan Raya", Jilid 1. Erlangga. Jakarta
- Dirjen Perhubungan Darat, 1996, "Pedoman Teknis Pengaturan Lalu Lintas di Persimpangan berdiri sendiri dengan alat pemberi isyarat lalu lintas", Departemen Perhubungan, Jakarta, Indonesia
- DPU, 1997, "Manual Kapasitas Jalan Indonesia.", Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- DPU, 1990, *Traffic Management*, Regional Cities Urban Transport DKI Jakarta Training, Dirjen Bina Marga
- Hobbs, F.D 1979, *Traffic Planning and Engineering* Published by Pergamon Press
- Hoff and Overgaard, 1992, *Road User Cost Model, Second Technical Advisory Services on Planning and Programming to the Directorate of Planning*, Directorate General of Highways, Ministry of Public Works.
- Joustin K. C. 1990. *Transportation Engineering and Introduction*. Washington On State University. Prentice Hall Inc.
- McShane, W.R., Roess, R.P., 1990, *Traffic Engineering*, Prentice Hall, Inc., Englewood, New Jersey.
- Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas.
- Pignataro, L.J. 1973, *Traffic Engineering, Theory and Practice*, Prentice Hall, Inc., Englewood, New Jersey.
- Rompas., R., S., 2010, Kinerja Lalu Lintas Jalan Pada Persimpangan Bersignal, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Salter, R.J. 1978, *Highway Traffic Analysis and Design.*, Published by The Macmillan Press Ltd.
- Salter, R.J. 1983, *Traffic Engineering.*, University of Bradford.
- Tamin O. Z. 2000, Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, ITB. Bandung
- Tamin O. Z. 2003, "Perencanaan dan Pemodelan Transportasi contoh soal dan aplikasi", ITB. Bandung
- Walpole Ronald.E dan Myers Raymond H. 1986, "Ilmu Peluang dan Statistika Untuk Insinyur dan Ilmuan", ITB. Bandung.
- Willumsen, L.G, Coymans, J.E (1989), *The Value of Fixed Time Signal Coordination in Developing Countries*, Traffic Engineering & Control, London.
- Zegeer,C.V, Deen, R.C (1978), *Traffic Conflict As A Diagnostic Tool in Highway Safety*, *Transportation Research Record 667*, Transportation Research Board, Washington, D.C, USA.