

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENYEMPITAN JALAN PADA JEMBATAN
TERHADAP KINERJA LALU LINTAS PADA RUAS
JALAN LETJEND SUPRAPTO TANJUNG BALAI
(*Studi Kasus*)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

**FAISAL RAIS HASIBUAN
1207210189**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Faisal Rais Hasibuan

NPM : 1207210189

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penyempitan Jalan Pada Jembatan Terhadap Kinerja Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Letjend Suprpto Tanjung Balai (Studi Kasus)

Bidang ilmu : Transportasi.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, April 2017

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Dosen Pembimbing II / Penguji

Ir. Sri Asfiati, ST, MT

Ir. Ellyza Chairina, Msi

Dosen Pembanding I / Penguji

Dosen Pembanding II / Penguji

Dr. Ir. Zurkiyah, M.T

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Faisal Rais Hasibuan

Tempat /Tanggal Lahir: Sei Serindan/ 24 Mei 1992

NPM : 1207210189

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pengaruh Penyempitan Jalan Pada Jembatan Terhadap Kinerja Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Letjend Suprpto Tanjung Balai (Studi Kasus)”

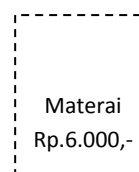
bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, April 2017

Saya yang menyatakan,



Faisal Rais Hasibuan

ABSTRAK

PENGARUH PENYEMPITAN JALAN PADA JEMBATAN TERHADAP KINERJA LALU LINTAS PADA RUAS JALAN LETJEND SUPRAPTO TANJUNG BALAI (STUDI KASUS)

Faisal Rais

1207210189

Ir. Sri Asfiati, M.T

Ir. Ellyza Chairina, MSi

Penyempitan jalan adalah suatu bagian jalan dengan kapasitas arus lalu lintas yang lebih kecil dari pada kondisi jalan pada bagian jalan sebelumnya. Pengaruh penyempitan jalan ini tidak berarti sama sekali apabila arus lalu lintas (*demand*) lebih kecil dari pada daya tampung atau kapasitas jalan (*supply*) pada daerah penyempitan sehingga arus lalu lintas dapat terlewatkan dengan mudah tanpa ada hambatan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui hubungan antara arus (*flow*), kecepatan (*speed*), dan kerapatan (*density*), dan juga mengetahui nilai arus dan kerapatan maksimum pada ruas jalan normal dan ruas jalan yang mengalami penyempitan jalan. Untuk mengetahui nilai-nilai tersebut digunakan 2 (dua) metode pendekatan yaitu metode *greenshields* dan metode *greenberg*. Pada kondisi jalan normal kepadatan lalu lintas lebih kecil dibandingkan pada saat kondisi jalan menyempit, dan sebaliknya kecepatan pada kondisi jalan normal lebih besar dari pada kondisi jalan menyempit, hal ini disebabkan karena perbedaan dari kondisi geometri jalan yang mengalami pengurangan lebar badan jalan saat memasuki jembatan. Dari hasil perhitungan analisa data yang dilakukan pada kedua metode, diperoleh nilai regresi untuk koefisien determinasi (periode I) pada segmen jalan menyempit untuk metode *greenshields* $r^2 = 0,764$ dan metode *greenberg* $r^2 = 0,636$. Maka dari hasil perhitungan nilai koefisien determinasi yang diperoleh tersebut dapat ditentukan bahwa perhitungan dengan metode *greenshields* lebih baik dari pada metode *greenberg* karena nilai r^2 yang dihasilkan metode *greenshields* lebih besar dari pada metode *greenberg*.

Kata kunci: Penyempitan jalan, *Greenshields*, *Greenberg*.

ABSTRACT

EFFECT ON NARROWING BRIDGE ON THE PERFORMANCE OF TRAFFIC ON THE ROAD SECTION LETJEND SUPRAPTO TANJUNG BALAI (CASE STUDY)

Faisal Rais
1207210189

Ir. Sri Asfiati, M.T
Ir. Ellyza Chairina, MSi

Narrowing of the road is a section of road with traffic flow capacity is smaller than on road conditions on the road before. Effect of narrowing this does not mean at all if the traffic flow (demand) is smaller than the capacity or road capacity (supply) in the constriction area so that traffic flow can be missed easily without resistance. The research objective was to determine the relationship between the flow (flow), velocity (speed), and density (density), and also know the current value and the maximum density on normal roads and roads that narrowing the road. To determine these values are used 2 (two) approach is the method of Greenshields and Greenberg method. In normal road conditions traffic density is smaller than when the condition of the road narrows, and the reverse speed in normal road conditions is greater than the condition of the road narrowed, this was due to the difference of condition of road geometry which experienced a reduction in width of the road when entering the bridge. From the results of data analysis calculations are performed on both methods, the value of regression coefficient of determination (Period I) on the road segment narrowed to methods Greenshields $r^2 = 0.764$ and methods Greenberg $r^2 = 0.636$. Then from the calculation of the coefficient of determination obtained can be determined that the calculation method of Greenshields better than the Greenberg method for r^2 value generated Greenshields method is greater than the Greenberg method.

Keywords: Refinement street, Greenshields, Greenberg.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Pemilihan Moda Transportasi Bus Angkutan Kota dan Kereta Api Rute Medan-Tebing Tinggi Terhadap Kenaikan Harga BBM” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir. Sri Asfiati, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Ellyza chairina, MSi selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Zurkiyah, MT selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Irma Dewi ST, MSi, sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Rahmatullah ST, MSc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
8. Orang tua penulis: Lahmuddin Hasibuan, dan Asnah Panjaitan, S.Pd, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Marwan Dinata Purba, Bahari Nur, Dwi Armaya Juwita, Sukamto Himawan, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, April 2017

Faisal Rais Hasibuan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRAK</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sisitematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penyempitan Jalan Dalam Sistem Transportasi	5
2.2 Karakteristik Arus lalu Lintas	7
2.2.1 Parameter Yang Berhubungan Dengan Karakteristik Arus Lalu Lintas	7
2.2.2 Komposisi Lalu Lintas	9
2.2.3 Pengelompokan Jenis Kendaraan	9
2.2.4 Faktor Konversi Kendaraan	9
2.3 Metode Survei Lalu Lintas	10
2.3.1 Metode Survei Jumlah Kendaraan	11
2.3.2 Metode Survei Waktu Tempuh Kendaraan	12
2.4 Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kerapatan	13
2.4.1 Hubunngan Antara Volume – Kecepatan	15
2.4.2 Hubungan Antara Kecepatan – Kerapatan	16

2.4.3 Hubungan Antara Volume – Kerapatan	16
2.5 Perhitungan Volume, Kecepatan Dan kerapatan	17
2.6 Pemodelan Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kerapatan	19
2.6.1 Model Linier Greenshields	19
2.6.2 Model Linier Greenberg	21
2.7 Pengujian Statistik	23
2.7.1 Analisa Regresi Linier	23
2.7.2 Analisa Korelasi	23
2.7.3 Pengujian Signifikasi	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tahapan Kerja Penelitian	26
3.2 Survey Pendahuluan	27
3.3 Penentuan Lokasi Penelitian	28
3.3.1 Pilot Survei	29
3.4 Perencanaan Survei Lalu Lintas	29
3.4.1 Waktu survei	29
3.4.2 Jenis Banyaknya Data	29
3.4.3 Survei dan perlengkapan	30
3.5 Metode Pengambilan Data	30
3.5.1 Pengambilan Data Volume Lalu Lintas	30
3.5.2 Pengambilan Waktu Tempuh Kendaraan	31
3.6 Metodologi Analisa Data	32
3.6.1 Perhitungan besar Volume Kendaraan	32
3.6.2 perhitungan kecepatan dan Kerapatan Rata-rata Ruang	32
3.6.3 perhitungan Kerapatan Lalu lintas	32
3.6.4 Perhitungan Model Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kerapatan	32
BAB 4 ANALISA DATA	
4.1 Data Hasil Survei Di lapangan	34
4.1.1 Data lapangan Jumlah kendaraan	34

4.1.2 Data Pengamatan Waktu Tempuh	34
4.2 Perhitungan Volume, Kecepatan Rata-rata Ruang dan Kerapatan	37
4.2.1 Perhitungan Volume Kendaraan	37
4.2.2 Perhitungan kecepatan Rata-rata Ruang Kendaraan	41
4.2.3 Perhitungan Kerapatan lalu Lintas	48
4.3 Hubungan Antara Volume, Kecepatan, dan Kerapatan	50
4.3.1 Persamaan regresi Linier	50
4.3.2 Nilai Arus Maksimum	51
4.3.3 Pengujian Statistik	41
4.4 Penentuan Model Terpilih	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Daftar nilai emp jalan perkotaan dua lajur dua arah tak terbagi (MKJI, 1990).	10
Tabel 2.2	Rekomendasi panjang penggal jalan untuk studi kecepatan setempat (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990).	13
Tabel 2.3	Contoh perhitungan time mean speed dan space mean speed (Tamin, 2000).	18
Tabel 4.1	Hasil perhitungan volume kendaraan menuju arah Teluk Nibung (segmen jalan normal).	35
Tabel 4.2	Hasil perhitungan volume kendaraan menuju arah Teluk Nibung (segmen penyempitan jalan).	36
Tabel 4.3	Hasil survei data waktu tempuh kendaraan menuju arah Teluk Nibung (segmen jalan normal).	38
Tabel 4.4	Hasil survei data waktu tempuh kendaraan menuju arah Teluk Nibung (segmen jalan normal).	39
Tabel 4.5	Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang menuju Teluk Nibung periode I (segmen jalan normal).	42
Tabel 4.6	Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang menuju Teluk Nibung periode II (segmen jalan normal).	43
Tabel 4.7	Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang menuju Teluk Nibung periode III (segmen jalan normal).	44
Tabel 4.8	Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang menuju Teluk Nibung periode I (segmen penyempitan jalan).	45
Tabel 4.9	Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang menuju Teluk Nibung periode II (segmen penyempitan jalan).	46
Tabel 4.10	Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan	

	rata-rata ruang menuju Teluk Nibung periode III (segmen penyempitan jalan).	47
Tabel 4.11	Hasil perhitungan volume, kecepatan dan kerapatan kendaraan menuju arah Teluk Nibung (segmen jalan normal).	48
Tabel 4.12	Hasil perhitungan volume, kecepatan dan kerapatan kendaraan menuju arah Teluk Nibung (segmen penyempitan jalan).	49
Tabel 4.13	Hasil perhitungan regresi linier menuju arah Teluk Nibung Periode I (segmen jalan normal).	55
Tabel 4.14	Hasil perhitungan regresi linier menuju arah Teluk Nibung Periode II (segmen jalan normal).	56
Tabel 4.15	Hasil perhitungan regresi linier menuju arah Teluk Nibung Periode III (segmen jalan normal).	57
Tabel 4.16	Hasil perhitungan regresi linier menuju arah Teluk Nibung Periode I (segmen penyempitan jalan).	58
Tabel 4.17	Hasil perhitungan regresi linier menuju arah Teluk Nibung Periode II (segmen penyempitan jalan).	59
Tabel 4.18	Hasil perhitungan regresi linier menuju arah Teluk Nibung Periode III (segmen penyempitan jalan).	60
Tabel 4.19	Hasil perhitungan regresi linier masing-masing model menuju arah Teluk Nibung (segmen jalan normal).	61
Tabel 4.20	Hasil perhitungan regresi linier masing-masing model menuju arah Teluk Nibung (segmen penyempitan jalan).	61
Tabel 4.21	Persamaan hubungan antara volume, kecepatan, dan kerapatan menuju arah Teluk Nibung (segmen jalan normal).	62
Tabel 4.22	Persamaan hubungan antara volume, kecepatan, dan kerapatan menuju arah Teluk Nibung (segmen penyempitan jalan).	63
Tabel 4.23	Hasil nilai q_{maks} , U_f dan K_j masing-masing model menuju arah Teluk Nibung (segmen jalan normal).	64
Tabel 4.24	Hasil nilai q_{maks} , U_f dan K_j masing-masing model menuju arah Teluk Nibung (segmen penyempitan jalan).	64
Tabel 4.25	Hasil perhitungan regresi linier dan uji statistik menuju arah Teluk Nibung (segmen jalan normal).	65

Tabel 4.26 Hasil perhitungan regresi linier dan uji statistik menuju arah Teluk Nibung (segmen penyempitan jalan).

65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan (Tamin, 2000).	14
Gambar 2.2 Hubungan antara volume (q) – kecepatan (Us) (Tamin, 2000).	15
Gambar 2.3 Hubungan antara kecepatan (Us) – kerapatan (k) (Tamin, 2000).	16
Gambar 2.4 Hubungan antara volume (q) – kerapatan (k) (Tamin, 2000).	16
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian.	26
Gambar 3.2 Potongan memanjang jalan (Tamin, 2000).	27
Gambar 3.3 Peta lokasi penelitian (Sumber: www.google-earth.com).	28
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara volume dan kecepatan menggunakan metode <i>greenshields</i> menuju arah Teluk Nibung periode I (segmen penyempitan jalan).	66
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara volume dan kecepatan menggunakan metode <i>greenberg</i> menuju arah Teluk Nibung periode I (segmen penyempitan jalan).	66
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara kecepatan dan kerapatan menggunakan metode <i>greenshields</i> menuju arah Teluk Nibung periode I (segmen penyempitan jalan).	67
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kecepatan dan kerapatan menggunakan metode <i>greenberg</i> menuju arah Teluk Nibung periode I (segmen penyempitan jalan).	67
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara volume dan kerapatan menggunakan metode <i>greenshields</i> menuju arah Teluk Nibung periode I (segmen penyempitan jalan).	68
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara volume dan kerapatan menggunakan metode <i>greenberg</i> menuju arah Teluk Nibung periode I (segmen penyempitan jalan).	68

DAFTAR NOTASI

q	=	volume
U_s	=	Kecepatan
k	=	kerapatan
q_m	=	kapasitas, arus maksimum (kendaraan/jam)
U_m	=	kecepatan kritis, kecepatan pada saat mencapai kapasitas (km/jam)
k_m	=	kerapatan kritis, kerapatan pada saat mencapai kapasitas (kend/jam)
k_j	=	kerapatan macet, keadaan untuk semua kendaraan berhenti (kend/jam)
u_f	=	kecepatan teoritis untuk lalu lintas ketika kerapatannya nol (km/jam)
x	=	jarak tempuh kendaraan (km)
t	=	waktu tempuh kendaraan (jam)
U_t	=	Kecepatan rata-rata waktu/ <i>time-mean speed</i> (km/jam)
U_s	=	Kecepatan rata-rata ruang/ <i>space-mean speed</i> (km/jam)
n	=	jumlah kendaraan yang diamati
Σt^2	=	deviasi standar dari kecepatan setempat
a	=	konstanta regresi
b	=	konstanta regresi
x	=	variabel bebas
y	=	variabel tidak bebas
t	=	<i>test t-student</i>
b_i	=	koefisien regresi
r	=	koefisien korelasi parsial
r^2	=	koefisien determinasi
s_{b_i}	=	standar deviasi koefisien regresi
n	=	jumlah pengamatan
$n-i-1$	=	derajat kebebasan
i	=	jumlah variabel
F	=	<i>test F</i>
i	=	jumlah variabel

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan transportasi merupakan masalah yang selalu dihadapi oleh negara-negara yang telah maju dan juga oleh negara-negara yang sedang berkembang seperti Indonesia, baik dibidang transportasi perkotaan (*Urban Transportation*) maupun transportasi antar kota (*Rural Transportation*). Terciptanya suatu sistem transportasi yang menjamin pergerakan manusia, kendaraan dan atau barang secara lancar, aman, murah, nyaman dan sesuai dengan lingkungan sudah merupakan tujuan pembangunan dalam sektor transportasi.

Salah satu permasalahan yang turut memperburuk kondisi lalu lintas yang akan dijadikan bahan penelitian adalah masalah penyempitan jalan pada jembatan di ruas jalan yang padat arus lalu lintasnya. Menurut Yupiter Indrajaya, (2003). Penyempitan jalan adalah suatu bagian jalan dengan kondisi kapasitas lalu lintas sesudahnya lebih kecil dari bagian masuk. Kondisi jalan seperti ini dapat terjadi misalnya pada saat memasuki jembatan, terjadinya suatu kecelakaan yang menyebabkan sebagian jalan ditutup, pada saat terjadi perbaikan jalan atau kondisi lainnya, yang menyebabkan perubahan perjalanan kendaraan dari arus bebas menjadi terganggu sehingga terjadi penurunan kecepatan dan bertambahnya kerapatan antar kendaraan. Pengaruh penyempitan jalan ini tidak berarti sama sekali apabila arus lalu lintas (*demand*) lebih kecil dari pada daya tampung atau kapasitas jalan (*supply*) pada daerah penyempitan sehingga arus lalu lintas dapat terlewatkan dengan mudah tanpa ada hambatan.

Tanjung Balai adalah salah satu kota di provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Yang mana luas wilayahnya $\pm 60,52 \text{ km}^2$ dan penduduk yang berjumlah ± 154.445 jiwa. Kota ini berada di tepi sungai Asahan, sungai terpanjang di Sumatera Utara. Sebagai daerah yang dikelilingi oleh perairan, maka kota Tanjung Balai juga memiliki jembatan yang berfungsi untuk menghubungkan beberapa daerah yang terpisah karena adanya sungai-sungai yang membelah kawasan permukiman

penduduk. Jembatan Titi Gantung adalah salah satu jembatan yang berada di jalan Letjend Suprpto di kota Tanjung Balai yang mana jembatan ini menghubungkan kota Tanjung Balai dengan daerah Teluk Nibung.

Pada ruas jalan Letjend Suprpto antara jalan menuju arah ke Teluk Nibung, secara visual tampak adanya penyempitan jalan yang mengakibatkan kemampuan jalan menampung volume lalu lintas menjadi berkurang. Pengaruh gangguan hambatan samping pada badan jalan relatif kecil atau hampir tidak ada, serta kondisi perkerasan relatif baik, sehingga pengaruh lalu lintas yang terjadi murni karena adanya penyempitan jalan yang disebabkan oleh jembatan. Untuk itu perlu diteliti sejauh mana pengaruh penyempitan jalan pada jembatan terhadap kinerja lalu lintas di jalan Letjend Suprpto, Tanjung Balai.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh para peneliti baik membahas identifikasi maupun analisis pengaruh penyempitan jalan pada beberapa kasus dan daerah yang berbeda.

1. Ariadi. (2016) Pengaruh penyempitan jalan pada jembatan (bottleneck) terhadap karakteristik lalu lintas (Studi kasus: jemabata Lamnyong, jalan Teuku Nyak Arief Banda Aceh).
2. Novrizal, Harahap. (2010) Pengaruh penyempitan jalan terhadap karakteristik lalu lintas dengan membandingkan model linier *greenshield*, *greenberg*, dan *underwood* (Studi kasus: jalan Letda Sujono, Medan).

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang sebagaimana yang disajikan diatas, maka permasalahan yang perlu untuk dikaji adalah:

1. Bagaimana hubungan antara arus (*flow*), kecepatan (*speed*) dan kerapatan (*density*) lalu lintas akibat terjadinya penyempitan jalan pada daerah studi penelitian.
2. Bagaimana mengetahui nilai arus dan kerapatan maksimum pada ruas jalan normal dan ruas jalan yang mengalami penyempitan jalan pada daerah studi penelitian.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

1. Penelitian ini dibatasi pada lokasi studi yakni pada ruas jalan Letjend Suprpto dengan panjang jalan 3km.
2. Analisa dilakukan terhadap aspek *supply* dan *demand* pada ruas jalan lokasi tersebut.
3. Analisa hubungan antara arus (*flow*), kecepatan (*speed*), dan kerapatan (*density*) lalu lintas dengan menggunakan model pendekatan yaitu model linier *Greenshields*, model Logaritma *Greenberg*.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui hubungan antara arus (*flow*), kecepatan (*speed*), dan kerapatan (*density*) lalu lintas akibat terjadinya penyempitan jalan pada lokasi studi dengan menggunakan pendekatan:
 - a. Model Linear *Greenshields*
 - b. Model Logaritma *Greenberg*
2. Mengetahui nilai arus dan kerapatan maksimum pada ruas jalan normal dan ruas jalan yang mengalami penyempitan didaerah studi penelitian.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan pengetahuan bagi pemerintah dan masyarakat dalam upaya meningkatkan kinerja ruas jalan terutama pada jembatan-jembatan yang ada di kota Tanjung Balai.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas tahapan yang dilakukan dalam studi ini, didalam penulisan tugas akhir ini dikelompokkan ke dalam 5 (lima) bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup pembahasan dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini meliputi pengambilan teori dari beberapa sumber bacaan yang mendukung analisa permasalahan yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang pendiskripsian dan langkah-langkah kerja yang akan dilakukan dengan cara memperoleh data-data yang relevan dengan penelitian ini yang berisikan objek penelitian, alat-alat penelitian, tahapan penelitian, kebutuhan data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang pengumpulan data-data, yaitu; penyajian data, teknik pengumpulan data, proses pengolahan data, perbandingan hasil data.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan logis berdasarkan analisa data sebelumnya menjadi sebuah dasar untuk menyusun suatu saran sebagai suatu usulan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penyempitan Jalan (*Bottleneck*) dalam Sistem Transportasi

Sistem adalah suatu bentuk keterkaitan dan keterkaitan antara suatu variabel dengan variabel lainnya dalam tatanan yang terstruktur, sedangkan transportasi itu sendiri adalah kegiatan pemindahan barang-barang/penumpang dari suatu tempat ke tempat lain. Dari dua pengertian di atas, sistem transportasi dapat diartikan sebagai bentuk keterkaitan dan keterkaitan yang integral antara berbagai variabel dalam suatu kegiatan pemindahan penumpang dan barang dari suatu tempat ke tempat lain (Munawar, 2005).

Pada dasarnya sistem transportasi terdiri dari prasarana, kebutuhan pergerakan, dan lalu lintas yang saling berkaitan satu sama lain. Lalu lintas terbentuk sebagai hasil interaksi antara ketersediaan prasarana (*transport supply*) dan kebutuhan akan pergerakan (*transport demand*).

Transportasi di suatu wilayah mempengaruhi efisiensi ekonomi dan sosial daerah tersebut, dan hampir setiap orang menggunakan transportasi. Oleh sebab itu, sistem transportasi merupakan salah satu topik utama di dalam perkembangan wilayah. Masalah dalam pergerakan lalu lintas, khususnya pada jam-jam sibuk, yang mengakibatkan pengguna transportasi mengalami keterlambatan jutaan jam akibat terjadinya kemacetan. Kemacetan lalu lintas akan selalu mengakibatkan dampak negatif, baik terhadap pengemudinya sendiri maupun ditinjau dari segi ekonomi dan lingkungan. Bagi pengemudi kendaraan, kemacetan akan menimbulkan ketegangan (*stress*). Selain itu juga akan menimbulkan kerugian berupa kehilangan waktu karena waktu perjalanan yang lama serta bertambahnya biaya operasi kendaraan karena seringnya kendaraan berhenti. Selain itu timbul pula dampak negatif terhadap lingkungan berupa peningkatan polusi udara serta peningkatan gangguan suara kendaraan (Munawar, 2005).

Penyempitan jalan adalah suatu bagian jalan dengan kapasitas arus lalu lintas yang lebih kecil dari pada kondisi bagian jalan sebelumnya dan sesudahnya

(Budiarto). Kondisi jalan yang mengalami penyempitan dapat terjadi misalnya, pada saat memasuki jembatan, terjadinya suatu kecelakaan yang menyebabkan sebagian jalan ditutup, pada saat terjadi perbaikan jalan, perubahan/peralihan struktur jalan dari dalam kota menuju luar kota dan kondisi lainnya. Kondisi tersebut akan menyebabkan perubahan perjalanan kendaraan dari arus bebas menjadi terganggu, sehingga terjadi penurunan kecepatan dan bertambahnya kerapatan antar kendaraan.

Sementara sebaliknya pada kondisi pelebaran jalan akan terjadi kapasitas arus lalu lintas yang lebih besar dari pada kondisi bagian jalan. Pada kondisi pelebaran jalan ini akan mengalami pengurangan kerapatan akibat daya tampung jalan bertambah. Sehingga dengan demikian arus lalu lintas akan lebih kecil dari pada kapasitas jalan yang berakibat kenaikan terhadap kecepatan, dan penambahan arus lalu lintas.

Pengaruh penyempitan jalan ini tidak berarti sama sekali apabila arus lalu lintas lebih kecil dari pada daya tampung atau kapasitas jalan pada daerah penyempitan sehingga arus lalu lintas dapat terlewatkan dengan mudah tanpa ada hambatan.

Berdasarkan teori tersebut, maka solusi yang mungkin adalah mengurangi jumlah kendaraan yang lewat, atau meningkatkan kapasitas, baik kapasitas ruas/jaringan jalan maupun kapasitas persimpangan. Permasalahannya kemudian, apabila secara teorinya begitu mudah, mengapa pelaksanaannya begitu sulit, mengapa sampai saat ini kemacetan lalu lintas tidak dapat diatasi. Persoalan-persoalan yang terkait ternyata sangat banyak, seperti disiplin lalu lintas, penegakan hukum, sosial ekonomi, tenaga kerja, dan lain sebagainya, sehingga persoalannya menjadi kompleks dan tidak ada satupun solusi tunggal yang dapat diterapkan untuk mengatasi persoalan kemacetan lalu lintas.

Dari banyak teori yang ditelaah oleh penulis, ada begitu banyak solusi yang bisa ditawarkan untuk menyelesaikan masalah kemacetan di dalam perkotaan. Secara bertahap penanganan kemacetan lalu lintas dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Penataan struktur tata ruang untuk mengatur pola perjalanan penduduk.
2. Perbaikan manajemen lalu lintas untuk mengoptimalkan pelayanan jaringan jalan yang ada.
3. Pembangunan infrastruktur untuk meningkatkan ruang jalan dan sekaligus memperbaiki struktur jaringan jalan dan jaringan sistem transportasi.
4. Peningkatan kapasitas angkutan umum, termasuk penerapan moda angkutan umum massal.

2.2 Karakteristik Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas terbentuk dari pergerakan individu pengendara dan kendaraan yang melakukan interaksi antara yang satu dengan yang lainnya pada suatu ruas jalan dan lingkungannya. Karena persepsi dan kemampuan individu pengemudi mempunyai sifat yang berbeda maka perilaku kendaraan arus lalu lintas tidak dapat diseragamkan lebih lanjut, arus lalu lintas akan mengalami perbedaan karakteristik akibat dari perilaku pengemudi yang berbeda yang dikarenakan oleh karakteristik lokal dan kebiasaan pengemudi. Arus lalu lintas pada suatu ruas jalan karakteristiknya akan bervariasi baik berdasar lokasi maupun waktunya. Oleh karena itu perilaku pengemudi akan berpengaruh terhadap perilaku arus lalu lintas.

Dalam menggambarkan arus lalu lintas secara kuantitatif dalam rangka untuk mengerti tentang keragaman karakteristiknya dan rentang kondisi perilakunya, maka perlu suatu parameter. Parameter tersebut harus dapat didefinisikan dan diukur oleh insinyur lalu lintas dalam menganalisis, mengevaluasi, dan melakukan perbaikan fasilitas lalu lintas berdasarkan parameter dan pengetahuan pelakunya.

2.2.1 Parameter yang Berhubungan dengan Karakteristik Arus Lalu Lintas

Menurut (Khisty, 2003) Terdapat 8 variabel atau ukuran dasar yang digunakan untuk menjelaskan karakteristik arus lalu lintas. Tiga variabel utama adalah kecepatan (v), volume (q), dan kepadatan (k). Serta dua parameter lain yang berhubungan dengan jarak dan spasi yaitu, *clearance* (c) dan *gap* (g).

1. Kecepatan (v)

Kecepatan didefinisikan sebagai suatu laju pergerakan yang ditandai dengan besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi dengan waktu tempuh. Karena begitu beragamnya kecepatan di dalam aliran lalu lintas, misalnya kecepatan titik, kecepatan perjalanan, kecepatan ruang dan kecepatan gerak, maka biasanya digunakan kecepatan rata-rata.

2. Volume (q)

Volume merupakan jumlah sebenarnya dari kendaraan yang diamati atau diperkirakan dari suatu titik selama rentang waktu tertentu.

3. Kepadatan (k)

Kepadatan atau (konsentrasi) didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang tertentu dari lajur atau jalan, dirata-ratakan terhadap waktu.

4. Jarak /*spacing* (s) dan waktu/*headway* (h)

Jarak dan Waktu adalah dua karakteristik tambahan dari arus lalu lintas. Jarak (s) didefinisikan sebagai jarak antara dua kendaraan yang berurutan di dalam suatu aliran lalu lintas yang diukur dari bumper depan satu kendaraan ke bumper depan kendaraan yang di belakangnya. Waktu adalah waktu antara dua kendaraan yang berurutan ketika melalui sebuah titik pada suatu jalan.

5. Tingkat hunian jalur/*lane Occupancy* (R)

Tingkat hunian jalur adalah salah satu ukuran yang digunakan dalam pengawasan jalan tol. Tingkat hunian jalur dapat juga dinyatakan sebagai perbandingan waktu ketika kendaraan ada di lokasi pengamatan pada lajur lalu lintas terhadap waktu pengambilan sampel.

6. Izin/*Clearance* (c) dan celah/*Gap* (g)

Izin dan celah berhubungan dengan Jarak dan Waktu, dimana selisih antara jarak dan waktu adalah panjang rata-rata kendaraan. Demikian pula, selisih antar jarak dan celah adalah ekuivalen waktu dari panjang rata-rata sebuah kendaraan.

2.2.2 Komposisi Lalu lintas

Volume lalu lintas pada dasarnya terbagi atas waktu dan ruang, yang biasanya lebih difokuskan pada volume jam puncak seperti jam sibuk kerja atau perjalanan sibuk lainnya. Permintaan lalu lintas dapat bervariasi berdasarkan musim dalam setahun, bulanan dalam setahun, hari dalam sebulan, hari dalam seminggu, maupun jam-jaman dalam sehari. Permintaan lalu lintas juga dapat bervariasi dari berbagai waktu baik pada saat pagi, siang maupun sore.

2.2.3 Pengelompokan Jenis Kendaraan

Dalam pembahasan mengenai jalan bebas hambatan, jalan dalam kota maupun jalan antar kota sesuai dengan tata cara pelaksanaan survei dan perhitungan lalu lintas disebutkan bahwa jumlah kendaraan yang diambil dalam penelitian ini adalah seluruh kendaraan yang lewat. Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga, arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melalui titik tertentu per satuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan per jam atau smp/jam, arus lalu lintas perkotaan tersebut terbagi menjadi 3 jenis, yaitu:

- a. Kendaraan ringan/*Light vehicle* (LV)
Meliputi kendaraan bermotor 2 as beroda empat dengan jarak as 2.0-3.0 m (termasuk mobil penumpang, mikrobis, *pick-up*, truk kecil, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)
- b. Kendaraan berat/*Heavy Vehicle* (HV)
Meliputi kendaraan motor dengan jarak as lebih dari 3.5 m biasanya beroda lebih dari empat (termasuk bis, truk 2 as, truk tiga as, dan truk kombinasi).
- c. Sepeda Motor/*Motor cycle* (MC)
Meliputi kendaraan bermotor roda 2 atau 3 (termasuk sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)

2.2.4 Faktor Konversi Kendaraan

Data hasil survei yang dilakukan di lapangan merupakan jumlah dan waktu tempuh kendaraan yang bermacam-macam jenisnya, maka data tersebut haruslah dinyatakan dalam satuan yang sama. Oleh karena itu, dilakukan suatu proses

pengubahan satuan atau yang disebut dengan proses pengkonversian menjadi satu satuan yang sama. Satuan dasar yang digunakan adalah Satuan Mobil Penumpang (smp). Untuk masing-masing kendaraan tergantung pada tipe jalan dan arus lalu lintas total yang dinyatakan dalam smp/jam pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Daftar nilai emp jalan perkotaan dua lajur dua arah tak terbagi (2/2) UD (MKJI 1997).

Tipe Jalan	Arus lalu lintas total 2 arah (kend/jam)	EMP			
		LV	HV	MC	
				Lebar jalur lalu lintas	
				≤ 6 m	> 6 m
Dua lajur tak terbagi (2/2) UD	0-1800	1	1,3	0,5	0,4
	≥ 1800		1,2	0,35	0,25
Empat lajur tak terbagi (4/2) UD	0-1800		1,3	0,4	
	≥ 1800		1,2	0,25	

Dari data hasil survei kendaraan yang dilakukan dilapangan maka ditetapkan 3 jenis kendaraan yang terdiri dari sepeda motor dan becak motor (MC), kendaraan ringan berupa mobil penumpang, angkot dan pick up (LV), truk 2 as dan 3 as (HV).

2.3 Metode Survei Lalu Lintas

Teknik lalu lintas telah berkembang sesuai dengan kemajuan teknologi, demikian pula halnya dengan pengumpulan data-data lalu lintas. Data mengenai lalu lintas diperlukan untuk berbagai kebutuhan perencanaan transportasi. Untuk dapat melakukan survei secara efisien maka maksud dan tujuan survei haruslah jelas dan biasanya metode survei ditetapkan sesuai dengan tujuan, waktu, dana dan peralatan yang tersedia.

Survei lalu lintas dilakukan dengan cara menghitung jumlah lalu lintas kendaraan yang lewat di depan suatu pos survei pada ruas jalan yang ditetapkan. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara manual (mencatat dengan tangan) dan

dapat juga menggunakan berbagai peralatan otomatis seperti alat penghitung lalu lintas (*traffic counting*), detektor, atau peralatan listrik lain yang kesemuanya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Objek yang disurvei dalam perhitungan lalu lintas meliputi:

- a. Jumlah kendaraan yang lewat (*volume*) dalam satuan waktu (menit, jam, hari dan seterusnya)
- b. Kecepatan kendaraan baik kecepatan sesaat (*spot speed*) atau kecepatan perjalanan, kecepatan gerak atau kecepatan rata-rata.
- c. Kepadatan arus lalu lintas (*traffic density*)
- d. Waktu, antara waktu ruang dan waktu rata-rata.

Pengambilan data lapangan dalam analisis penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data jumlah/volume dan waktu tempuh kendaraan. Pengambilan data jumlah volume dilakukan pada jam sibuk (*peak hour*) pada hari-hari yang mewakili volume lalu lintas dalam seminggu. Sedangkan untuk data waktu tempuh kendaraan di lapangan dilakukan dengan metode kecepatan setempat dengan mengukur waktu perjalanan bergerak. Metode kecepatan setempat dimaksudkan untuk pengukuran karakteristik kecepatan pada lokasi tertentu pada lalu lintas. Jenis kendaraan dilakukan sebanyak mungkin sehingga dapat menggambarkan keadaan sebenarnya di lapangan.

2.3.1 Metode Survei Lalu Lintas

Survei jumlah kendaraan dilakukan dengan mencatat jumlah kendaraan yang melalui suatu titik tinjau dalam interval waktu tertentu di jalan untuk masing-masing jenis kendaraan. Metode survei dapat dilakukan dengan metode:

1. *Manual count*

Manual count adalah pencatatan jumlah kendaraan yang paling sederhana dengan menggunakan tenaga manusia. Pencatatan dilakukan pada kertas formulir, tiap kali sebuah kendaraan lewat dicatat pada kertas formulir. Pencatatan juga dapat dilakukan dengan alat *counter*.

2. *Detector*

Detector adalah alat yang dapat mendeteksi adanya kendaraan yang lewat dan memberi isyarat dalam bentuk tertentu. *Detector* biasanya bekerja dengan

sentuhan dari gilasan roda kendaraan, induksi pada gulungan kabel yang ditanam di jalan menyebabkan pemutusan sinar dalam waktu sesaat/sebentar. Keuntungan metode ini adalah setiap kali kendaraan yang melewati alat dapat dicatat.

3. *Automatic count*

Automatic count adalah peralatan perhitungan secara otomatis yang dapat dilakukan selama 12 atau 24 jam.

2.3.2 Metode Survei Waktu Tempuh Kendaraan

Dalam survei waktu tempuh kendaraan dikenal 3 jenis kecepatan yaitu kecepatan seketika/sesaat (*spot speed*), kecepatan rata-rata kendaraan selama bergerak (*running speed*) dan kecepatan rata-rata kendaraan yang dihitung dari jarak tempuh dibagi dengan waktu tempuh (*journey speed*) jadi termasuk waktu kendaraan berhenti (misalnya berhenti pada lampu lalu lintas). Perhitungan kecepatan kendaraan dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain:

1. *Manual count*

Manual count merupakan pencatatan waktu tempuh kendaraan contoh yang melewati segmen/penggal jalan pengamatan. Pencatatan waktu tempuh ini dilakukan dengan menghidupkan *stopwatch* saat roda depan kendaraan melewati garis injak pertama, seterusnya mengikuti lajur kendaraan, dan *stopwatch* dimatikan tepat pada saat roda kendaraan tersebut melewati garis injak kedua.

2. *Enescope*

Enescope adalah kotak cermin yang berbentuk L yang diletakkan di pinggir jalan untuk membelokkan garis pandangan ke arah tegak lurus jalan. Dalam pengukuran waktu tempuh digunakan *stopwatch* yang dimulai pada saat kendaraan melewati pengamat dan dihentikan pada saat kendaraan melewati *enescope*.

3. Radar meter

Radar meter bekerja menurut prinsip efek *Doppler*, yang mana kecepatan pergerakan proporsional dengan perubahan frekuensi di antara dua radio transmisi target dan radio pemantul. Peralatan ini mengukur perbedaan dan

mengubah pembacaan langsung menjadi mph.

4. Pemotretan

Dalam metode ini, kamera foto mengambil gambar pada interval waktu yang ditetapkan. Gambar-gambar yang diperoleh dari hasil survei diproyeksikan dengan menggunakan alat proyektor ke suatu layar yang sudah mempunyai pembagian skala, dengan demikian perpindahan masing-masing kendaraan dapat dihitung.

2.4 Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kerapatan

Volume, kecepatan dan kerapatan merupakan 3 variabel/parameter utama dalam aliran lalu lintas yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas.

1. Volume, merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu pada suatu ruas jalan yang dinyatakan dalam kendaraan/jam.
2. Kecepatan, adalah tingkat gerakan di dalam suatu jarak tertentu dalam satu satuan waktu yang dinyatakan dengan kilometer/jam.
3. Kerapatan, merupakan jumlah kendaraan yang menempati suatu ruas/segmen jalan tertentu yang dinyatakan dalam kendaraan/kilometer.

Untuk pengambilan data sampel dapat menggunakan rekomendasi pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Rekomendasi panjang penggal jalan untuk studi kecepatan setempat (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990).

Perkiraan kecepatan rata-rata arus lalu lintas (km/jam)	Panjang penggal jalan
< 40	25
40-65	50
> 65	75

Hubungan antara ketiga parameter di atas selanjutnya dapat dinyatakan dalam hubungan matematis seperti Pers. 2.1 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990).

$$q = k \cdot U_s \tag{2.1}$$

$$U_s = q/k \tag{2.2}$$

$$k = q/U_s \quad (2.3)$$

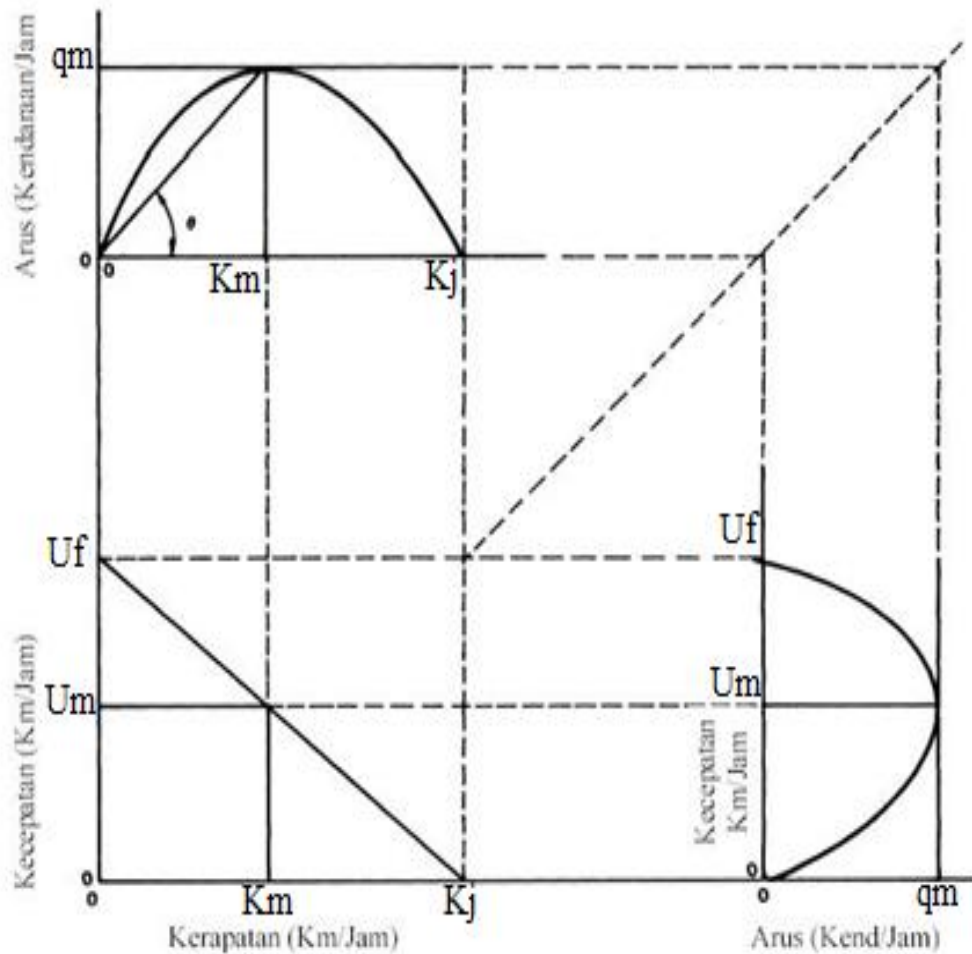
Keterangan:

q = volume (kendaraan/jam)

U_s = kecepatan (km/jam)

k = kerapatan (kendaraan/km)

Persamaan di atas hanya berlaku untuk arus lalu lintas tak terganggu, dimana setiap arus bergerak secara bebas tidak ada pengaruh dari luar. Contoh aliran ini dapat dilihat pada arus lalu lintas jalan utama dari jalan bebas hambatan. Gambar 2.1 mengilustrasikan tentang bentuk umum hubungan ketiga parameter tersebut.



Gambar 2.1: Hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan (Tamin, 2000).

Keterangan:

q_m = kapasitas, arus maksimum (kendaraan/jam)

U_m = kecepatan kritis, kecepatan pada saat mencapai kapasitas (km/jam)

k_m = kerapatan kritis, kerapatan pada saat mencapai kapasitas (kend/jam)

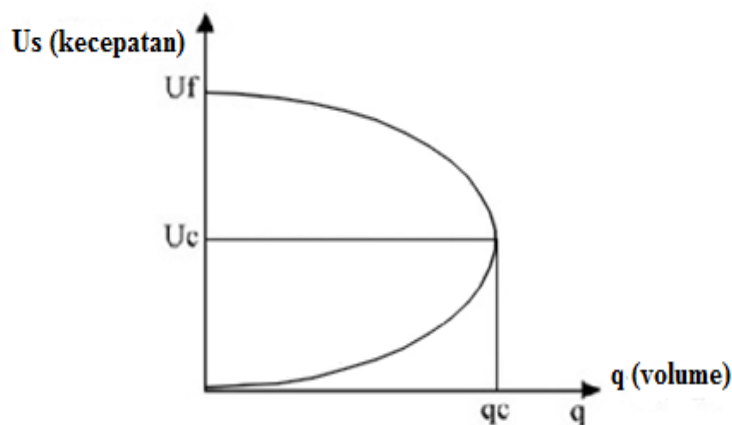
k_j = kerapatan macet, keadaan untuk semua kendaraan berhenti (kend/jam)

u_f = kecepatan teoritis untuk lalu lintas ketika kerapatannya nol (km/jam)

Perlu diketahui arus nol (tidak ada arus) terjadi dalam 2 kondisi. Ketika tidak ada kendaraan di jalan raya berarti kepadatannya nol, dimana kecepatan teoritis didasarkan pada kecepatan arus bebas (*free flow speed*) yang merupakan kecepatan tertinggi bagi kendaraan yang sendirian. Namun demikian arus nol juga terjadi ketika kepadatan begitu tinggi sehingga kendaraan yang akan bergerak harus berhenti sehingga terjadi kemacetan lalu lintas yang disebut dengan istilah *traffic jam*. Pada kondisi ini semua kendaraan berhenti sehingga tidak ada kendaraan yang lewat pada suatu ruas jalan tersebut.

2.4.1 Hubungan antara Volume (q) – Kecepatan (U_s)

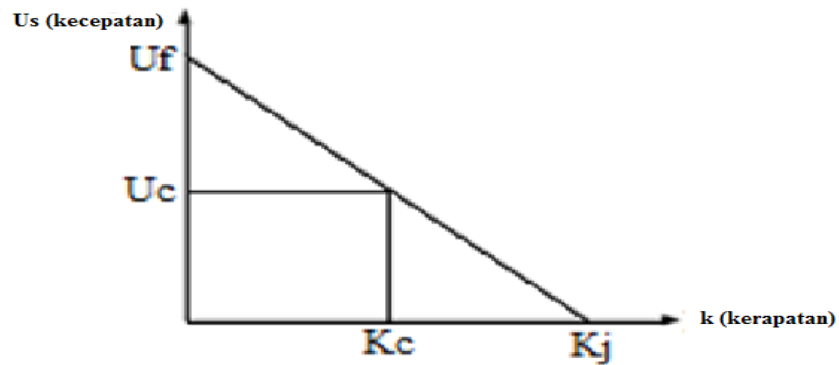
Dari Gambar 2.2 terlihat bahwa hubungan mendasar antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kerapatan kritis (volume maksimum) tercapai. Setelah kerapatan kritis tercapai maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan berkurang.



Gambar 2.2: Hubungan Volume (q) – Kecepatan (U_s) (Tamin, 2000).

2.4.2 Hubungan antara Kecepatan (U_s) – Kerapatan (k)

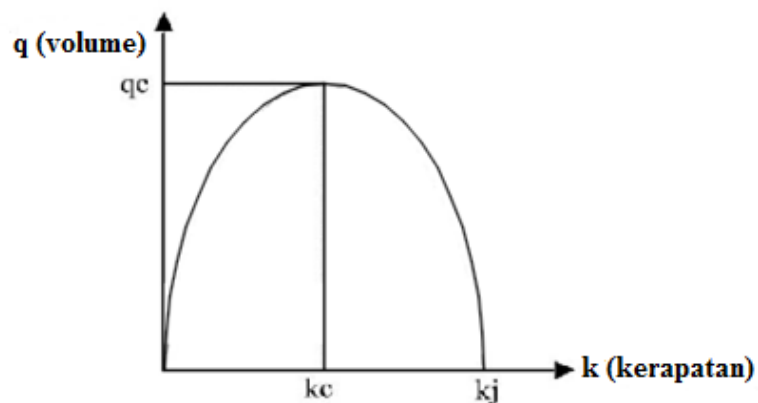
Dari Gambar 2.3 terlihat bahwa kecepatan akan menurun apabila kerapatan bertambah. Kecepatan arus bebas (U_f) akan terjadi apabila kerapatan sama dengan nol sedangkan pada saat kecepatan sama dengan nol maka terjadi kemacetan.



Gambar 2.3: Hubungan Kecepatan (U_s) – Kerapatan (k) (Tamin, 2000).

2.4.3 Hubungan antara Volume (q) – Kerapatan (k)

Dari Gambar 2.4 terlihat bahwa kerapatan akan bertambah apabila volumenya juga bertambah. Volume maksimum (q_c) terjadi pada saat kerapatan mencapai titik k_c (kapasitas jalur jalan sudah tercapai). Setelah mencapai titik ini volume akan menurun walaupun kerapatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik k_j .



Gambar 2.4: Hubungan Volume (q) – Kerapatan (k) (Tamin, 2000).

2.5 Perhitungan Volume, Kecepatan dan Kerapatan

1. Perhitungan Volume

Volume kendaraan adalah parameter yang menjelaskan keadaan arus lalu lintas di jalan. Kendaraan yang melewati suatu ruas jalan dijumlahkan dengan mengalikan faktor konversi kendaraan yang telah ditetapkan.

2. Perhitungan Kecepatan

Kecepatan merupakan laju pergerakan yang ditandai dengan besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi dengan waktu tempuh. Kecepatan dapat didefinisikan dengan Pers. 2.4 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990).

$$u = \frac{x}{t} \quad (2.4)$$

Keterangan:

u = kecepatan (km/jam)

x = jarak tempuh kendaraan (km)

t = waktu tempuh kendaraan (jam)

Ada 2 hal penting yang perlu diperhatikan dalam menilai hasil studi kecepatan yaitu:

- Kecepatan rata-rata ruang/*space-mean speed* (U_s), menyatakan kecepatan rata-rata kendaraan dalam suatu bagian jalan pada suatu interval waktu tertentu dinyatakan dalam km/jam.
- Kecepatan rata-rata waktu/*time-mean speed* (U_t), menyatakan kecepatan rata-rata kendaraan yang melewati suatu titik dalam interval waktu tertentu yang dinyatakan dalam km/jam.

Kecepatan rata-rata ruang dan Kecepatan rata-rata waktu dapat dihitung dari pengukuran waktu tempuh dan jarak dengan Pers. 2.5 (Tamin, 2000).

$$U_t = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x}{t_i}}{n} \quad (2.5)$$

$$U_t = \frac{x \cdot n}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad \text{atau} \quad U_t = \frac{x}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} \quad (2.6)$$

Keterangan:

U_t = Kecepatan rata-rata waktu (km/jam)

U_s = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)

x = jarak tempuh (km)

t_i = waktu tempuh kendaraan (jam)

n = jumlah kendaraan yang diamati

Kedua jenis kecepatan di atas sangat berguna dalam studi mengenai hubungan volume, kecepatan dan kerapatan. Penggunaan rumus di atas dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Contoh Perhitungan Kecepatan rata-rata ruang dan Kecepatan rata-rata waktu (Tamin, 2000).

No. Kendaraan	Jarak (meter)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (km/jam) x 3,6
1	50	4,54	39,66
2	50	4,89	36,79
3	50	4,79	37,62
4	50	4,24	42,43
5	50	3,28	54,92
6	50	3,18	56,54
Total	300	24,29	267,96
Rata-rata	50	$24,29/6 = 4,15$	$267,96/6 = 44,66$
$U_t = 44,66$ km/jam			
$U_s = 300/24,29 = 12,04$ km/jam			

Disebabkan karena sampel data yang diambil adalah terbatas pada periode waktu tertentu pada suatu titik dan harus mengikut sertakan beberapa kendaraan yang bejalan cepat, akan tetapi pada saat pengambilan data dilaksanakan kendaraan yang bejalan lambat juga harus diikutsertakan. Oleh karena itu, pendekatan antara kecepatan setempat dan dan kecepatan rata-rata ruang digunakan Pers. 2.7 (Tamin, 2000).

$$U_s = U_t - \frac{\sum t^2}{U_t} \quad (2.7)$$

Dimana:

Σt^2 = deviasi standar dari kecepatan setempat.

3. Perhitungan Kerapatan

Kerapatan merupakan parameter yang menjelaskan keadaan lalu lintas dimana terdapat banyaknya jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang ruas tertentu. Nilai kerapatan dapat dihitung jika nilai volume dan kecepatan kendaraan telah diperoleh sebelumnya.

2.6 Pemodelan Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kerapatan

Analisis untuk suatu ruas jalan didasarkan pada hubungan antara ketiga variabel parameter di atas, yaitu volume, kecepatan dan kerapatan lalu lintas dalam keadaan jalan lalu lintas yang ideal. Hubungan tersebut mengikuti definisi dari kriteria tingkat pelayanan didasarkan pada faktor penyesuaian untuk kendaraan yang tidak sejenis. Terdapat 2 pemodelan yang sering digunakan untuk menyatakan keterkaitan dua parameter tersebut yaitu model *Greenshields*, dan *Greenberg*.

2.6.1 Model Linier Menurut *Greenshields*

Pemodelan ini merupakan model paling awal yang tercatat dalam usaha mengamati perilaku lalu lintas. *Greenshields* mengadakan studi pada jalur jalan di kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas (*steady state condition*). *Greenshields* mendapat hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kerapatan bersifat linier. Berdasarkan penelitian selanjutnya terdapat hubungan yang erat antara model linier dengan keadaan data di lapangan. Hubungan linier antara kecepatan dan kerapatan ini menjadi hubungan yang paling populer dalam tinjauan pergerakan lalu lintas, mengingat fungsi hubungannya adalah yang paling sederhana sehingga mudah diterapkan. Persamaan umum hubungan antara kecepatan dan kerapatan dengan cara regresi linier adalah seperti Pers. 2.8 (Sudjana, 2002).

$$Y = a + bX \quad (2.8)$$

Dengan nilai:

$$a = \frac{\sum k^2 \sum U_s - \sum k \sum k \cdot U_s}{n \sum k^2 - (\sum k)^2} \quad (2.9)$$

$$b = \frac{n \sum k \cdot U_s - \sum k \cdot \sum U_s}{n \sum k^2 - (\sum k)^2} \quad (2.10)$$

Dengan diperolehnya persamaan $Y = a + bX$ maka hubungan antara kecepatan dan kerapatan dapat dirumuskan. Garis hasil persamaan ini akan memotong skala kecepatan pada (U_f) dan memotong skala kerapatan pada k_j . Oleh karena itu, persamaan garis yang didapat tersebut adalah seperti Pers. 2.11 (Tamin, 2000).

$$U_s = U_f - \left(\frac{U_f}{k_j}\right) * k$$

$$U_s = a - b * k \quad (\text{Hubungan antara kecepatan dan kerapatan}) \quad (2.11)$$

Selanjutnya hubungan antara volume dengan kecepatan diperoleh dengan menggunakan persamaan dasar $q = U_s * k$ dan selanjutnya memasukkan nilai $k = q/U_s$ kedalam persamaan hubungan antara kecepatan dan kerapatan, seperti Pers. 2.12 (Tamin, 2000).

$$U_s = U_f - \frac{U_f}{k_j} * \frac{q}{U_s}$$

$$q = \left(\frac{U_f}{k_j * U_s}\right) = U_f - U_s$$

$$q = (U_f - U_s) \left(\frac{k_j * U_s}{U_f}\right)$$

$$q = K_j * U_s - \frac{K_j}{U_f} U_s^2 \quad (\text{Hubungan antara volume dan kecepatan}) \quad (2.12)$$

Kerapatan akhirnya menghasilkan persamaan parabola untuk hubungan antara volume dan kecepatan. Untuk mendapatkan persamaan hubungan antara volume dan kerapatan, maka nilai $U_s = q/k$ disubstitusikan ke dalam persamaan kecepatan dan kerapatan, sehingga menghasilkan Pers. 2.13 (Tamin, 2000).

$$dq = U_f - 2k \left(\frac{U_f}{k_j}\right) * k$$

$$dq/dk = U_f * k - \left(\frac{U_f}{K_j}\right) k^2 = 0$$

$$= U_f - 2 \left(\frac{U_f}{K_j}\right) * k$$

$$k = U_f/2 \left(\frac{U_f}{K_j} \right)$$

$$q = a * k - b * k^2 \text{ (Hubungan antara volume dan kerapatan)} \quad (2.13)$$

Nilai k dapat dihitung dengan menggunakan Pers. 2.14 yaitu (Tamin, 2000).

$$q_m = U_f * k - \left(\frac{U_f}{k_j} \right) * k^2$$

$$= U_f * \frac{k_j}{2} - \frac{U_f}{k_j} * \left(\frac{k_j}{2} \right)^2$$

$$= (U_f * k)/2 - (U_f * k_j^2)/4 k_j$$

$$= U_f * k_j/2 - (U_f * k_j)/4$$

$$q_m = (U_f * k_j)/4 \quad (2.14)$$

2.6.2 Model Linier Menurut *Greenberg*

Persamaan umum hubungan antara kecepatan dan kerapatan dengan cara regresi linier *greenberg* adalah U_s dengan $\ln k$ adalah seperti Pers. 2.15 dan 2.16 (Sudjana, 2002).

$$a = \frac{\sum \ln k \cdot 2 \sum U_s - \sum \ln k \sum \ln k \cdot U_s}{n \sum \ln k^2 - (\sum \ln k)^2} \quad (2.15)$$

$$b = \frac{n \sum \ln k \sum U_s - \sum \ln k \sum U_s}{n \sum \ln k^2 - (\sum \ln k)^2} \quad (2.16)$$

Dasar rumusan *Greenberg* adalah seperti Pers. 2.17 (Tamin, 2000).

$$k = c \cdot e^{b U_s} \quad (2.17)$$

Dimana c dan b merupakan nilai konstan. Dengan menggunakan asumsi diatas *greenberg* mendapatkan hubungan antara kecepatan dan kerapatan berbentuk logaritma seperti Pers. 2.18 (Tamin, 2000).

$$U_s = U_m * \ln(k_j/k) \quad (2.18)$$

Untuk mendapatkan nilai konstanta U_m dan k_j , persamaan diatas diubah menjadi persamaan linier $Y = a + bX$ sebagai berikut:

$$U_s = U_m * \ln(k_j/k)$$

$$U_s = U_m * (\ln k_j - \ln k)$$

$$U_s = U_m * \ln k_j - U_m * \ln k$$

Dengan memisahkan variabel-variabelnya maka di dapat Pers. 2.19 (Tamin, 2000).

$$Y = U_s$$

$$X = \ln k$$

$$a = U_m * \ln k_j$$

$$b = - U_m$$

$$U_s = a - b * \ln k \text{ (hubungan antara kecepatan dan kerapatan)} \quad (2.19)$$

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dari substitusi $k = q/U_s$ ke dalam Pers. 2.20 (Tamin, 2000).

Jika $k = 0$ maka $U_s = U_f = \text{tak terhingga}$.

Jika $U_s = 0$ maka $k = k_j$

$$a - b * \ln k = 0$$

$$b * \ln k = a$$

$$\ln k = a/b$$

$$k_j = e^{(a/b)} \text{ (Hubungan antara volume dan kecepatan)} \quad (2.20)$$

Untuk mendapatkan persamaan hubungan antara volume dan kerapatan, maka nilai $U_s = q/k$ disubstitusikan ke dalam persamaan kecepatan dan kerapatan, sehingga menghasilkan Pers. 2.21 (Tamin, 2000).

$$U_s = U_m * \ln \left\{ \frac{k_j}{\frac{q}{U_s}} \right\}$$

$$U_s = U_m * \ln \left\{ \frac{k_j * U_s}{q} \right\}$$

$$= \ln \frac{k_j * U_s}{q} = \left\{ \frac{U_s}{U_m} \right\}$$

$$q = k_j * U_s * e^{-\left\{ \frac{U_s}{U_m} \right\}}$$

$$q = a * k - b * k * \ln k \text{ (Hubungan antara volume dan kerapatan)} \quad (2.21)$$

Arus maksimum didapat menggunakan Pers. 2.22.

$$q_m = \frac{k_j * U_m}{e} \quad (2.22)$$

2.7 Pengujian Statistik

2.7.1 Analisis Regresi Linier

Pemodelan volume lalu lintas yang umum digunakan untuk menentukan karakteristik kecepatan dan kerapatan adalah regresi linier. Analisa ini dilakukan dengan meminimalkan total nilai perbedaan kuadratis antara observasi dan nilai perkiraan dari variabel yang tidak bebas (*dependent*). Bila variabel tidak bebas linier terhadap variabel bebas, maka hubungan dari kedua variabel itu dikenal dengan analisa regresi linier.

Bila variabel tidak bebas Y dan variabel bebas X mempunyai hubungan linier maka fungsi regresinya adalah seperti Pers. 2.23 (Sudjana, 2002).

$$Y = a + bX \quad (2.23)$$

Besarnya konstanta a dan b dapat dicari dengan Pers. 2.24 (Sudjana, 2002).

$$a = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2.24)$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2.25)$$

Dimana:

a = konstanta regresi

b = konstanta regresi

x = variabel bebas

y = variabel tidak bebas

n = jumlah sampel

2.7.2 Analisis Korelasi

Analisis korelasi digunakan untuk menentukan kuatnya hubungan antara peubah bebas dan tidak bebas yang dinyatakan dengan nilai koefisien korelasi r. Nilai koefisien korelasi bervariasi antara -1 sampai +1 ($-1 < r < +1$). Apabila nilai koefisien sama dengan 0, maka dikatakan tidak terdapat korelasi antara peubah bebas dan peubah tidak bebas, sedangkan apabila nilai koefisien korelasi sama dengan 1 dikatakan mempunyai hubungan yang sempurna, nilai koefisien korelasi

dapat dihitung dengan Pers. 2.26 sebagai berikut (Sudjana, 2002).

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (2.26)$$

keterangan:

n = jumlah pengamatan

x = variabel bebas

y = variabel tidak bebas

Sebagai koefisien penentu digunakan koefisien determinasi (r^2) yang dihitung dengan mengkuadratkan nilai koefisien korelasi. Koefisien korelasi r ini perlu memenuhi syarat-syarat:

- a. Koefisien korelasi harus besar apabila kadar hubungan tinggi atau kuat dan harus kecil apabila kadar hubungan itu kecil atau lemah.
- b. Koefisien korelasi harus bebas dari satuan yang digunakan untuk mengukur variable-variabel, baik prediktor maupun respon.

2.7.3 Pengujian Signifikansi

Pengujian ini digunakan untuk menentukan linier hubungan antara peubah bebas dan peubah tidak bebas. Yang biasa digunakan istilah uji F (*variance ratio/the F test*) dan uji t (*student's t test*). Uji t digunakan untuk menentukan apakah terdapat pengaruh (tingkat signifikansi) antar peubah bebas dengan peubah tidak bebas. Pada pengujian ini juga ditampilkan nilai r^2 untuk masing-masing regresi linier. Sebagai bahan tolak ukur dalam pengujian ini adalah membandingkan antara nilai t hasil hitungan dengan nilai t dari tabel distribusi t pada taraf signifikansi yang dipilih. Nilai t dapat dihitung dengan Pers. 2.27 (Sudjana, 2002).

$$t = \frac{b_i}{s_{b_i}} \text{ atau } t = r \frac{\sqrt{n-i-1}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2.27)$$

Dimana:

t = uji t

b_i = koefisien regresi

- r = koefisien korelasi parsial
- r^2 = koefisien determinasi
- sbi = standar deviasi koefisien regresi
- n = jumlah pengamatan
- n-i-1 = derajat kebebasan
- i = jumlah variabel

Pengujian nilai F adalah untuk memilih model yang paling baik diantara model yang didapat dan menentukan apakah suatu model layak digunakan, dimana varians itu sendiri merupakan kuadrat dari simpangan baku dari data-data yang ada dalam variable. Nilai F dikatakan memenuhi syarat apabila nilai dari hasil perhitungan lebih besar dari nilai F tabel untuk taraf signifikansi yang dipilih. Nilai F diperoleh dengan menggunakan rumus Pers. 2.28 (Sudjana, 2002).

$$F = \frac{r^2/i}{(1-r^2)/(n-i-1)} \quad (2.28)$$

Dimana:

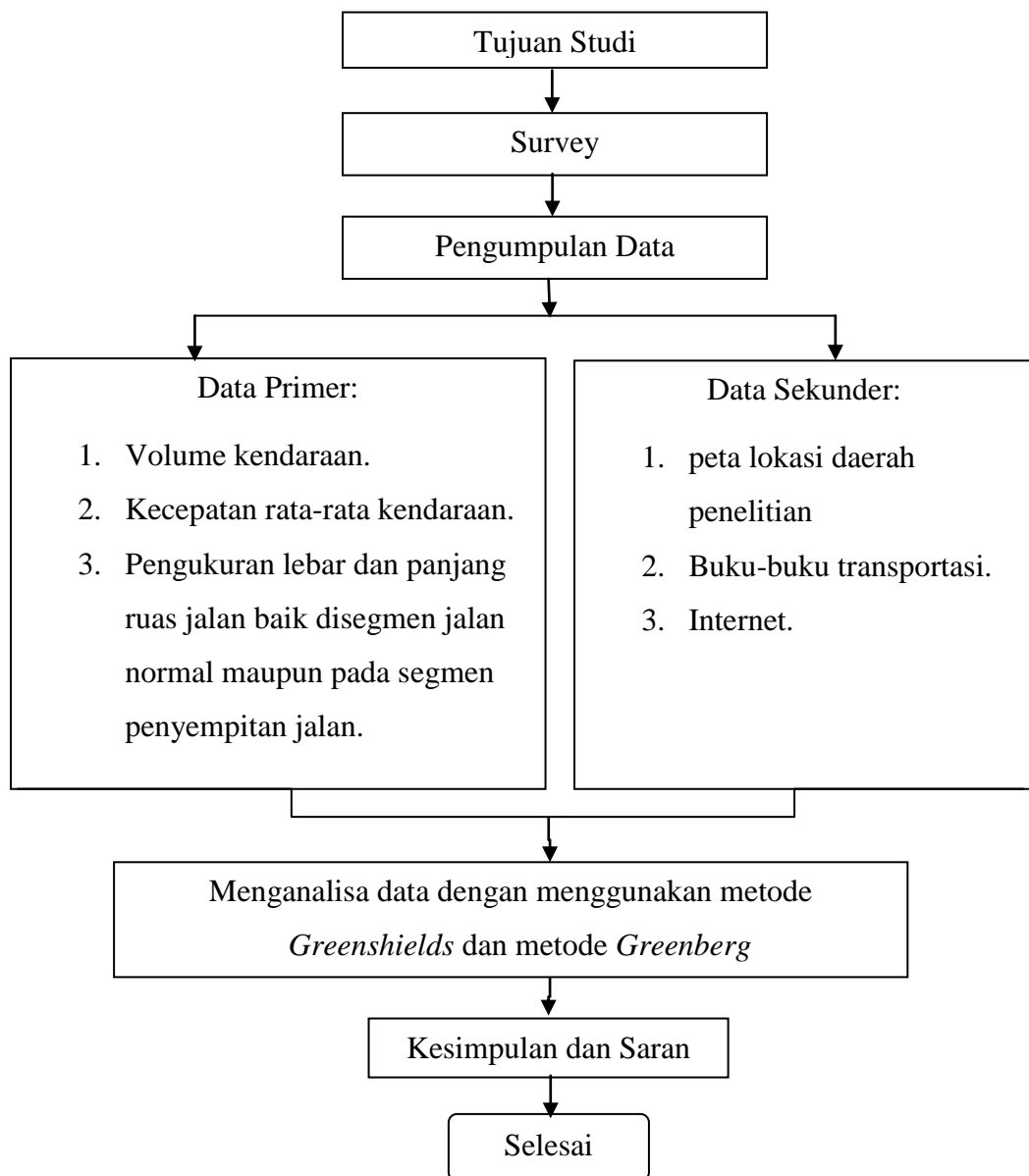
- F = uji F
- n = jumlah pengamatan
- i = jumlah variabel
- r^2 = Koefisien determinasi

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Kerja Penelitian

Secara umum penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahapan kerja seperti terlihat dalam bagan aliran di Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.2 Survey Pendahuluan

Survey pendahuluan ini diperlukan untuk mengetahui gambaran umum dari lokasi penelitian dan untuk menentukan perumusan dan identifikasi permasalahan.

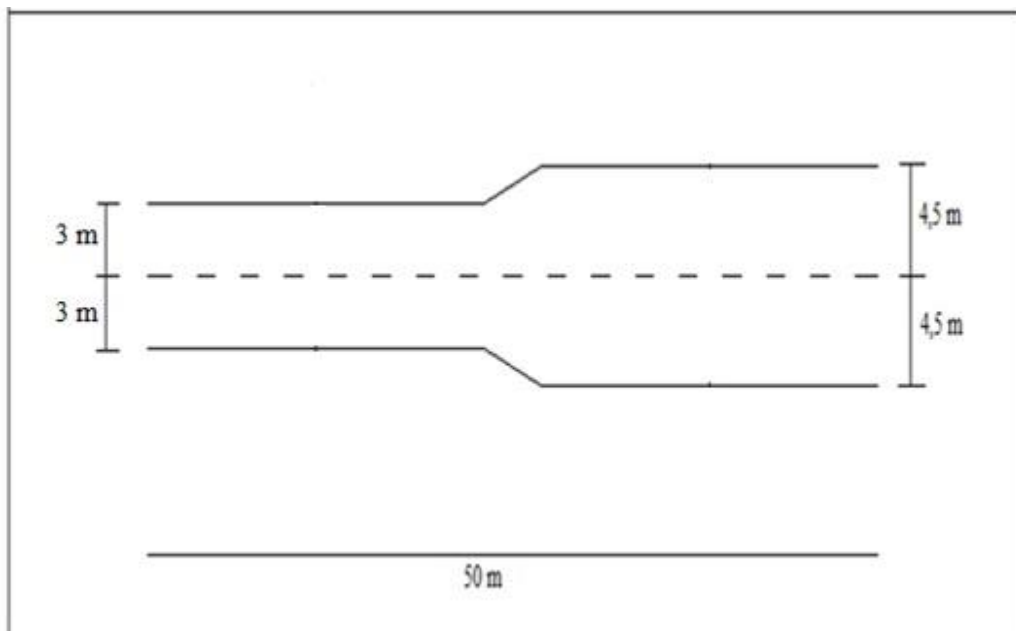
Kegiatan ini meliputi:

3. Kondisi jalan normal

1. Terdiri dari 2 lajur, 2 arah
2. Lebar masing-masing lajur = 4.5 m
3. Pemisah arah dibatasi berupa marka garis lurus terputus-putus
4. Kondisi perkerasan baik

4. Kondisi jalan menyempit

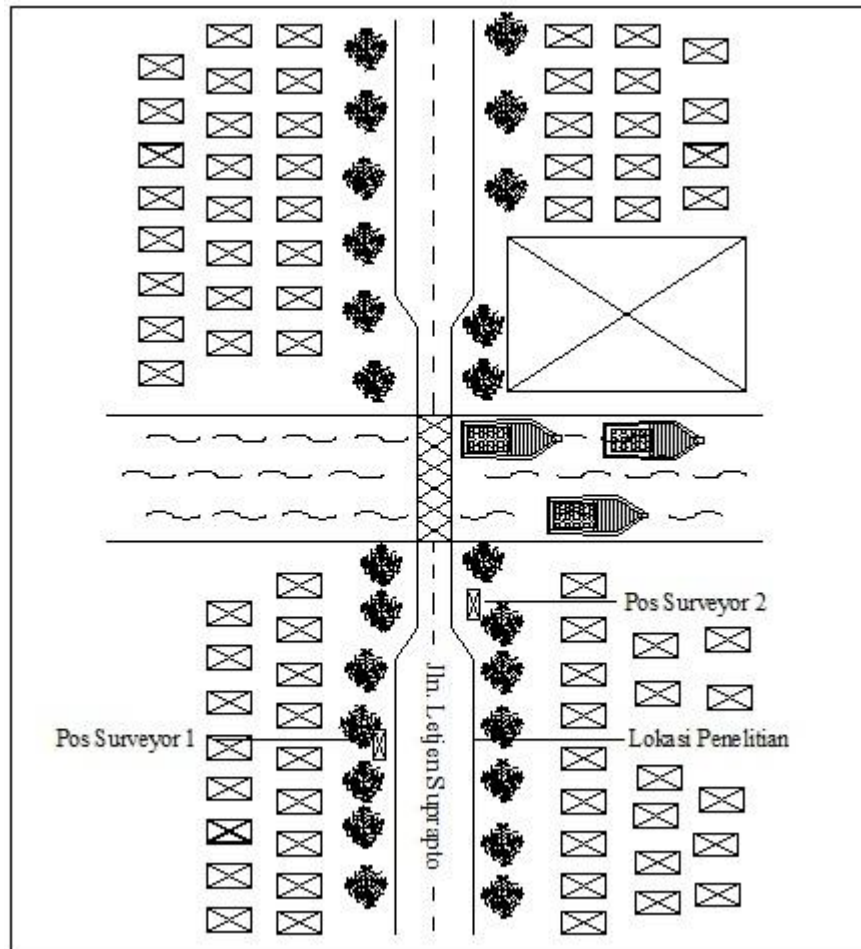
1. Terdiri dari 2 lajur, 2 arah
2. Lebar lajur = 3 m
3. Pemisah arah dibatasi berupa marka garis lurus terputus-putus
4. Kondisi jalan relatif baik



Gambar 3.2: Potongan memanjang jalan .

3.3 Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi yang dipilih sebagai tempat lokasi penelitian adalah Jalan Letjend Suprpto, kota Tanjung Balai, dengan panjang ruas 50 meter.



Gambar 3.3: Denah lokasi penelitian.

Pemilihan lokasi yang tepat akan memberikan hasil penelitian yang baik. Untuk menentukan lokasi perlu diperhatikan beberapa ketentuan sebagai berikut:

1. Ruas jalan harus memiliki hambatan berupa penyempitan jalan.
2. Kondisi lapisan perkerasan (lapisan permukaan) dan keadaan geometrik jalan harus baik dengan demikian pengemudi dapat menjalankan kendaraannya dengan nyaman dan kecepatan teratur.
3. Lalu lintas yang melewati ruas jalan bervariasi dalam hal kecepatan dan ukurannya.

3.3.1 Pilot Survei

Sebelum dilaksanakan pengambilan data secara lengkap, perlu dilakukan survei pendahuluan (pilot survei) sebagai bahan pertimbangan yang sifatnya penjagaan atauantisipasi untuk langkah-langkah selanjutnya.

1. Menetapkan pilihan metode yang didasarkan pada kemampuan data yang hendak digunakan.
2. Menaksir keadaan mutu data yang akan diambil.
3. Menaksir kebutuhan akan ukuran sampel yang akan diambil.
4. Menentukan pembagian periode pengamatan yang dipandang penting.

Pilot survei atau survei pendahuluan dilakukan untuk menunjang pelaksanaan dalam pengumpulan data di lapangan. Survei pendahuluan yaitu survei yang berskala kecil dan sangat penting dilakukan terutama agar survei yang sesungguhnya dapat berjalan dengan efisien dan efektif. Tahap ini dimulai dengan peninjauan lapangan yaitu menyelidiki lokasi yang akan disurvei. Kemudian setelah kesemuanya tersebut diatas telah dipertimbangkan maka dilaksanakanlah survei yang sesungguhnya.

3.4 Perancangan Survei Lalu lintas.

3.4.1 Waktu Survei

Untuk mendapatkan data jumlah dan waktu tempuh kendaraan yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa interval waktu pengamatan lapangan maka ditetapkan selang waktu 15 menit. Penelitian ini dilakukan pada waktu selama jam-jam sibuk, yakni:

1. Pagi hari pukul 07.00 - 09.00 WIB
2. Siang hari pukul 12.00 - 14.00 WIB
3. Sore hari pukul 16.00 - 18.00 WIB

3.4.2 Jenis dan Banyaknya Data

Seperti yang telah diuraikan diatas bahwa untuk penelitian volume kendaraan, penggolongan jenis kendaraan dibagi atas 3 kategori, yaitu kendaraan ringan

(LV), kendaraan berat (HV) dan sepeda motor (MC) (lampiran 1). Sedangkan banyaknya data sesuai dengan keadaan data di lapangan berupa jumlah masing-masing moda pada setiap periode dan jam pengamatan untuk masing-masing ruas yang diteliti. Begitu juga untuk data waktu tempuh kendaraan, untuk setiap periode pengamatan 15 menit diambil data waktu tempuh kendaraan keseluruhan jam pengamatan lihat (Lampiran 2), sehingga akan terkumpul data-data untuk dilakukan pengolahan selanjutnya. Data-data yang diperoleh tersebut merupakan data dasar yang digunakan untuk mendapatkan data variabel yang diperlukan yaitu volume, kecepatan rata-rata ruang dan kerapatan yang kemudian selanjutnya dipergunakan untuk analisis yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

3.4.3 Survei dan Perlengkapan

Selama pelaksanaan pengamatan lalu lintas untuk keperluan ini, maka dibentuk dua 2 tim survei yang terdiri dari 6 orang. Sebelum melakukan tugasnya tim ini terlebih dahulu diberi penjelasan bagaimana cara mendapatkan data di lapangan.

Adapun peralatan yang diperlukan selama pengamatan yang meliputi volume arus lalu lintas adalah formulir data, alat tulis, alat penghitung, meteran gulung, stop watch, kamera video serta peralatan pendukung lainnya. Semua peralatan tersebut dipergunakan oleh surveyor dan pelaksanaan selama pengamatan sesuai dengan kebutuhan data yang diperlukan.

3.5 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dan analisis studi ini dilakukan untuk mendapatkan data volume kendaraan dan data kecepatan rata-rata ruang pada masing-masing arah. Pengambilan data jumlah volume dilakukan pada jam sibuk pada hari-hari yang mewakili volume lalu lintas dalam seminggu.

3.5.1 Pengambilan Data Volume Lalu lintas

Metode pengumpulan data volume lalu lintas dilakukan secara manual. Pengumpulan data ini dilakukan untuk mendapatkan data volume lalu lintas.

Untuk mendapatkan data yang diinginkan ditempatkan 2 pos pencatat yang di setiap pos ditempatkan 3 orang. Di pos pertama 3 orang bertugas merekam dan mencatat waktu tempuh setiap jenis kendaraan yang melintasi lokasi penelitian menuju arah pelabuhan Teluk Nibung. Di pos kedua 3 orang lainnya merekam dan mencatat waktu tempuh setiap jenis kendaraan yang melintasi lokasi penelitian menuju arah stasiun kereta api. Begitulah prosedur pengumpulan data lalu lintas untuk kedua arah pada setiap pos, pencatat atau pengamat dilengkapi dengan formulir isian jumlah dan jenis kendaraan. Pos petugas ditempatkan pada posisi yang mudah mengamati pergerakan lalu lintas yang sedang dihitung serta nyaman guna menunjang ketelitian pencatat atau pengamat.

3.5.2 Pengambilan Data Waktu Tempuh Kendaraan

Pengambilan data waktu tempuh kendaraan di lapangan dilakukan dengan metode kecepatan setempat dengan mengukur waktu perjalanan bergerak. Metode kecepatan setempat dimaksudkan untuk pengukuran karakteristik kecepatan pada lokasi tertentu pada lalu lintas. Jenis kendaraan dilakukan sebanyak mungkin sehingga dapat menggambarkan keadaan sebenarnya di lapangan.

1. Pengaturan Waktu Pelaksanaan

Seperti pada pengambilan data jumlah kendaraan, pencatatan waktu tempuh ini dilakukan pagi jam 07.00 - 09.00 WIB, siang jam 12.00 - 14.00 WIB, dan sore jam 16.00 - 18.00 WIB, dengan interval waktu 15 menit.

2. Tata Cara Pelaksanaan

- a. Menetapkan titik tinjau pengamatan melintang pada ruas jalan yang berguna untuk perhitungan waktu tempuh kendaraan masing-masing ruas.
- b. Menghitung waktu tempuh tiap-tiap kendaraan yang lewat dengan menggunakan *stop watch*.
- c. Mencatat waktu tempuh kedalam format survei yang telah disediakan.

3.6 Metodologi Analisa Data

3.6.1 Perhitungan Besar Volume Kendaraan

Telah diuraikan di atas bahwa setelah data lalu lintas terkumpul selama periode jam pengamatan, maka dilakukan perhitungan volume kendaraan dengan mengalikan jumlah setiap jenis kendaraan kedalam konversi satuan mobil penumpang (smp). Selanjutnya besar volume kendaraan (dalam satuan mobil penumpang/smp) dikelompokkan ke dalam kelompok jumlah total dari seluruh kendaraan untuk masing-masing interval waktu pengamatan dengan satuan smp/jam.

3.6.2 Perhitungan Kecepatan dan Kerapatan Rata-rata Ruang

Seperti perhitungan volume lalu lintas, perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata dilakukan setelah data waktu tempuh dari setiap jenis kendaraan tercatat dan tersusun selama jam pengamatan yang tercantum pada (Lampiran 2). Sebelumnya dilakukan perhitungan kecepatan setempat. Setelah itu dilakukan perhitungan kecepatan rata-rata ruang dengan melakukan reduksi data dari kecepatan setempat yang telah dihitung sebelumnya.

3.6.3 Perhitungan Kerapatan Lalu lintas

Perhitungan besarnya variabel kerapatan dapat dihitung dengan melakukan pembagian antara volume kendaraan (q) dalam smp/jam (yaitu dengan mengalikan 4 untuk interval 15 menit), dengan kecepatan rata-rata ruang (U_s) dalam km/jam tersebut sebagaimana dijelaskan pada bagian sebelumnya, maka kerapatan ini mempunyai satuan smp/km. Ketiga variabel ini (q , U_s , dan k) selanjutnya digunakan untuk menganalisa model pendekatan yang digunakan dalam analisa hubungan volume-kecepatan-kerapatan lebih lanjut.

3.6.4 Perhitungan Model Hubungan Volume, Kecepatan, dan Kerapatan

Setelah semua variabel diketahui besarnya berdasarkan hasil survei di lapangan selama jam pengamatan, maka dilakukan uji statistik seperti analisa regresi linear untuk mendapatkan besarnya nilai parameter model, analisa korelasi

untuk menganalisa sejauh mana ketepatan fungsi regresi dengan mencari besarnya nilai koefisien determinasi (r^2) serta uji signifikansi uji t dan uji F.

Selanjutnya dilakukan analisa matematis untuk menggambarkan model dari masing-masing model pengamatan seperti: model pendekatan *Greenshields*, dan *Greenberg*. Sesuai dengan rumusan model hubungan yang dikembangkan oleh masing-masing model pendekatan yang ditinjau. Dari tes uji statistik yang dipergunakan dapat diketahui model yang paling mendekati dari lokasi yang diamati.

BAB 4

ANALISA DATA

4.1 Data Hasil Survei Di lapangan

Berdasarkan hasil pengamatan survei pendahuluan dan pengambilan data di lapangan yang dilakukan pada hari Senin sampai hari Minggu (16 – 22 Januari 2017), maka diperoleh data volume lalu lintas dan waktu tempuh kendaraan. Dalam bab ini disajikan data-data lalu lintas hasil survei lapangan dan analisis data tersebut sehingga akhirnya diperoleh data volume, kecepatan rata-rata ruang dan kerapatan untuk ruas jalan yang diteliti.

4.1.1 Data Jumlah Kendaraan

Arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang terdapat pada ruas jalan pada waktu tertentu. Arus lalu lintas tersebut dapat berupa susunan kendaraan sejenis yang bergerak secara bersamaan dalam arah yang sama, dapat juga berupa lalu lintas kendaraan campuran dalam gerak yang tidak beraturan. Penelitian ini mengamati perilaku lalu lintas yang melewati ruas penyempitan jalan yang dikelompokkan ke dalam jenis kendaraan berat, kendaraan ringan dan sepeda motor.

Data yang diambil adalah data dalam satu jam maksimum untuk pagi, siang dan sore hari. Pengelompokan waktu dilakukan tiap 15 menit dalam setiap jenis kendaraan, sehingga diperoleh 3 jenis kelompok kendaraan dalam satu jam maksimum untuk masing-masing arah.

4.1.2 Data Waktu Tempuh Kendaraan

Pengambilan data waktu tempuh untuk selanjutnya digunakan untuk mendapatkan kecepatan rata-rata ruang.

Penyusunan formulir pengamatan dari data waktu tempuh ini dipisahkan dan disusun setiap interval 15 menit untuk masing-masing arah. Data Perhitungan waktu tempuh kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.1 – 4.2.

Tabel 4.1: Hasil survei data waktu tempuh kendaraan menuju arah Teluk Nibung (segmen jalan normal).

Waktu	KAMIS, 19 JANUARI 2017			
	MC	LV	HV	Kecepatan rata-rata
07.00-07.15	3,80	4,94	4,88	4,54
07.15-07.30	4,08	5,21	5,39	4,89
07.30-07.45	3,82	5,13	5,41	4,79
07.45-08.00	3,53	4,59	4,60	4,24
08.00-08.15	3,33	4,28	2,23	3,28
08.15-08.30	3,34	4,04	2,18	3,18
08.30-08.45	3,21	4,25	2,04	3,17
08.45-09.00	3,38	4,18	4,21	3,92
Periode I	28,48	36,62	30,93	32,01
12.00-12.15	3,00	4,12	4,10	3,74
12.15-12.30	3,33	4,19	4,00	3,84
12.30-12.45	3,48	4,35	4,25	4,03
12.45-13.00	3,41	2,96	4,19	3,52
13.00-13.15	3,65	4,77	4,70	4,37
13.15-13.30	3,49	4,29	4,18	3,99
13.30-13.45	3,37	4,23	2,08	3,23
13.45-14.00	3,22	4,36	4,10	3,89
Periode II	26,92	33,27	31,58	30,59
16.00-16.15	3,33	2,76	4,69	3,59
16.15-16.30	3,36	4,12	2,17	3,21
16.30-16.45	3,61	2,92	2,27	2,93
16.45-17.00	3,64	4,07	2,21	3,30
17.00-17.15	3,64	3,07	2,43	3,05
17.15-17.30	3,55	3,07	2,76	3,12
17.30-17.45	3,81	4,97	2,41	3,73
17.45-18.00	3,73	3,23	2,35	3,10
Periode III	28,67	28,20	21,27	26,05

Tabel 4.2: Hasil survei data waktu tempuh kendaraan menuju arah Teluk Nibung (segmen penyempitan jalan).

Waktu	KAMIS, 19 JANUARI 2017			
	MC	LV	HV	Kecepatan rata-rata
07.00-07.15	6,85	8,98	8,95	8,26
07.15-07.30	7,35	8,96	8,63	8,31
07.30-07.45	6,96	8,49	8,37	7,94
07.45-08.00	6,69	7,52	7,35	7,19
08.00-08.15	6,00	7,77	4,19	5,98
08.15-08.30	5,76	6,95	3,74	5,48
08.30-08.45	6,02	6,48	3,98	5,49
08.45-09.00	5,66	6,36	6,43	6,15
Periode I	51,25	61,51	51,62	54,79
12.00-12.15	5,69	6,31	6,32	6,11
12.15-12.30	5,60	6,85	6,30	6,25
12.30-12.45	6,39	7,31	7,21	6,97
12.45-13.00	6,52	4,94	7,23	6,23
13.00-13.15	6,81	7,93	7,89	7,54
13.15-13.30	6,46	7,45	7,46	7,12
13.30-13.45	6,57	7,52	3,76	5,95
13.45-14.00	5,97	7,76	7,75	7,16
Periode II	49,99	56,06	53,91	53,32
16.00-16.15	5,47	4,29	7,08	5,61
16.15-16.30	5,38	6,18	3,43	4,99
16.30-16.45	6,14	4,77	3,63	4,85
16.45-17.00	6,21	7,49	3,92	5,87
17.00-17.15	6,35	4,63	3,34	4,77
17.15-17.30	6,81	5,68	4,18	5,55
17.30-17.45	7,09	9,48	4,83	7,13
17.45-18.00	6,82	5,72	3,95	5,49
Periode III	50,23	48,24	34,34	44,27

4.2. Perhitungan Volume, Kecepatan Rata-rata Ruang dan Kerapatan

4.2.1 Perhitungan Volume Kendaraan

Data lapangan yang telah diperoleh pada tiap tiap jenis kendaraan (Lampiran 1) selanjutnya dihitung banyaknya untuk setiap periode pengamatan, perhitungan jumlah kendaraan tersebut dilakukan sampai seluruh periode pengamatan selesai.

Langkah berikutnya adalah menghitung jumlah data dari ketiga jenis kendaraan tersebut masing-masing berdasarkan besar nilai konversinya terhadap satuan mobil penumpang. Nilai konversi tersebut disesuaikan dengan lebar jalur dan jumlah total kendaraan yang lewat per lajunya dalam satu jam di antara 07.00 - 08.00 kendaraan/jam. Sehingga factor konversi yang dipilih adalah (HV = 1.2), (LV = 1), (MC = 0.35) untuk masing masing arah. Kemudian dari data dalam smp tersebut dapat dihitung besarnya volume kendaraan yang lewat dalam smp/jam untuk masing-masing arah yang dilakukan dalam kelompok pengamatan 15 menit. Untuk interval waktu 1 jam, dikalikan 4 sehingga menjadi smp/jam.

Sebagai contoh perhitungan diambil data dari arah menuju pelabuhan Teluk Nibung pada segmen penyempitan jalan untuk interval 15 menit didapat data dari lapangan Tabel 4.3 periode I (07.00 – 07.15 WIB).

HV = 2 kendaraan

LV = 10 kendaraan

MC = 570 kendaraan

Maka didapat nilai volume kendaraan dalam smp/15 menit.

$HV = 2 \times 1,2 = 2,4 \text{ smp/15 menit}$

$LV = 10 \times 1 = 10 \text{ smp/15 menit}$

$MC = 570 \times 0,35 = 199,5 \text{ smp/15 menit}$

Sehingga nilai volume kendaraan perjam yang melalui jalur tersebut:

$q = (2,4 + 10 + 199,5) \times (60/15) = 848 \text{ smp/jam.}$

Data Perhitungan volume kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.3 – 4.4.

Tabel 4.3: Hasil perhitungan volume kendaraan menuju arah Teluk Nibung (segmen jalan normal).

No	Waktu	KAMIS, 19 JANUARI 2017				
		MC	LV	HV	Smp/15 menit	Smp/jam
		emp = 0,25	emp = 1	emp = 1,2		
1	07.00-07.15	142,50	10	2,4	154,90	620
2	07.15-07.30	151	14	6	171,00	684
3	07.30-07.45	168,25	8	4,8	181,05	724
4	07.45-08.00	150,50	10	9,6	170,10	680
5	08.00-08.15	118,75	10	3,6	132,35	529
6	08.15-08.30	99,25	10	3,6	112,85	451
7	08.30-08.45	88,75	18	4,8	111,55	446
8	08.45-09.00	99,59	13	8,4	120,90	484
Periode I		1018,50	93	43,20	1154,70	4618
9	12.00-12.15	103,25	16	13,2	132,45	530
10	12.15-12.30	104,75	16	6	126,75	507
11	12.30-12.45	97,75	11	7,2	115,95	464
12	12.45-13.00	105	16	2,4	123,40	494
13	13.00-13.15	102,50	14	9,6	126,10	504
14	13.15-13.30	113	10	4,8	127,80	511
15	13.30-13.45	126	11	6	143,00	572
16	13.45-14.00	114	14	10,80	138,80	555
Periode II		886,25	108	60	1034,25	4137
17	16.00-16.15	89,75	5	8,4	103,15	413
18	16.15-16.30	95	11	4,8	110,80	443

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

No	Waktu	KAMIS, 19 JANUARI 2017				
		MC	LV	HV	Smp/15 menit	Smp/jam
		emp = 0,25	emp = 1	emp = 1,2		
19	16.30-16.45	105,75	14	1,2	120,95	484
20	16.45-17.00	117	7	8,4	132,40	530
21	17.00-17.15	114,50	7	3,6	125,10	500
22	17.15-17.30	124,50	9	8,4	141,90	568
23	17.30-17.45	131	9	2,4	142,40	570
24	17.45-18.00	150,50	10	3,6	164,10	656
Periode III		928	72	40,8	1040,80	4163

Tabel 4.4: Hasil perhitungan volume kendaraan menuju arah Teluk Nibung (segmen penyempitan jalan).

No	Waktu	KAMIS, 19 JANUARI 2017				
		MC	LV	HV	Smp/15 menit	Smp/jam
		emp = 0,35	emp = 1	emp = 1,2		
1	07.00-07.15	199,50	10	2,4	211,90	848
2	07.15-07.30	211,40	14	6	231,40	926
3	07.30-07-45	235,55	8	4,8	248,35	993
4	07.45-08.00	210,70	10	9,6	230,30	921
5	08.00-08.15	166,25	10	3,6	179,85	719
6	08.15-08.30	138,95	10	3,6	152,55	610
7	08.30-0845	124,25	18	4,8	147,05	588

Tabel 4.4: *Lanjutan.*

No	Waktu	KAMIS, 19 JANUARI 2017				
		MC	LV	HV	Smp/15 menit	Smp/jam
		emp = 0,35	emp = 1	emp = 1,2		
8	08.45-09.00	139,30	13	8,4	160,70	643
Periode II		1425,9	93	43,2	1562,10	6248
9	12.00-12.15	144,55	16	13,2	173,75	695
10	12.15-12.30	146,65	16	6	168,65	675
11	12.30-12.45	136,85	11	7,2	155,05	620
12	12.45-13.00	147	16	2,4	165,40	662
13	13.00-13.15	143,50	14	9,6	167,10	668
14	13.15-13.30	158,20	10	4,8	173,00	692
15	13.30-13.45	176,40	11	6	193,40	774
16	13.45-14.00	159,60	14	10,80	184,40	738
Periode II		1212,75	108	60	1380,75	5523
17	16.00-16.15	125,65	5	8,4	139,05	556
18	16.15-16.30	133	11	4,8	148,80	595
19	16.30-16.45	148,05	14	1,2	163,25	653
20	16.45-17.00	163,80	7	8,4	179,20	717
21	17.00-17.15	160,30	7	3,6	170,90	684
22	17.15-17.30	174,30	9	8,4	191,70	767
23	17.30-17.45	183,40	9	2,4	194,80	779
24	17.45-18.00	210,70	10	3,6	224,30	897
Periode III		1299,2	72	40,8	1412	5648

4.2.2 Perhitungan Kecepatan Rata-rata Ruang Kendaraan

Kecepatan rata-rata ruang merupakan kecepatan yang dipakai untuk menganalisis hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan lalu lintas. Variabel ini dihitung dengan menggunakan Pers. 2.14 dari data waktu tempuh kendaraan (Lampiran 2). Besarnya kecepatan rata-rata ruang dihitung dari hasil kecepatan setempat yang diperoleh dari survei lapangan pada interval waktu pengamatan 15 menit dan disusun berdasarkan interval waktu yang sama.

Sebagai contoh perhitungan diambil data dari hasil survei (Lampiran 2) dari arah ke Pelabuhan Teluk Nibung untuk interval waktu pengamatan 15 menit periode waktu 07.00 – 07.15 WIB. Data waktu tempuh tersebut diubah menjadi data kecepatan setempat dengan besar variabel jarak 50 meter. Setelah itu dihitung distribusi data dengan mencari *mean* dan *standar deviasi* agar data dari lapangan tersebut dapat mewakili keadaan sebenarnya berupa jumlah masing-masing moda pada setiap periode dan jam pengamatan untuk masing-masing ruas yang diteliti. Begitu juga untuk data waktu tempuh kendaraan, untuk setiap periode pengamatan 15 menit diambil data waktu tempuh kendaraan keseluruhan jam pengamatan, sehingga akan terkumpul data-data untuk dilakukan pengolahan selanjutnya.

Data-data yang diperoleh tersebut merupakan data dasar yang digunakan untuk mendapatkan data variabel yang diperlukan yaitu volume, kecepatan rata-rata ruang dan kerapatan yang kemudian selanjutnya dipergunakan untuk analisis yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Dari hasil perhitungan diperoleh data $(U_t) = 21,80$ km/jam dan nilai standar deviasinya $(\sum t) = 4,79$. Dengan menggunakan Pers. 2.7 maka diperoleh nilai kecepatan rata-rata ruang sebagai berikut:

$$U_s = 21,80 - \frac{4,79^2}{21,80} = 20,75 \text{ km/jam.}$$

Data Perhitungan kecepatan rata-rata ruang (U_s) dapat dilihat pada Tabel 4.5 –4.10.

Tabel 4.5: Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang menuju arah Teluk Nibung periode I (segmen jalan normal).

No	Waktu	Jarak (m)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan = (jarak/waktu)*3,6 (km/jam) (X)	XI	(X-XI)	$\frac{(X-XI)^2}{2}$	S ²	S	Kecepatan rata-rata ruang (Us)
1	07.00-07.15	50	4,54	39,66	46,34	-6,68	44,65	73,71	8,59	37,80
2	07.15-07.30	50	4,89	36,79	46,34	-9,55	91,19	73,71	8,59	34,79
3	07.30-07-45	50	4,79	37,62	46,34	-8,72	76,09	73,71	8,59	35,66
4	07.45-08.00	50	4,24	42,43	46,34	-3,91	15,27	73,71	8,59	40,70
5	08.00-08.15	50	3,28	54,92	46,34	8,57	73,53	73,71	8,59	53,57
6	08.15-08.30	50	3,18	56,54	46,34	10,20	104,12	73,71	8,59	55,24
7	08.30-0845	50	3,17	56,87	46,34	10,53	110,91	73,71	8,59	55,58
8	08.45-09.00	50	3,92	45,89	46,34	-0,45	0,20	73,71	8,59	44,29
Periode I				46,34		8,59	515,96			

Tabel 4.6: Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang menuju arah Teluk Nibung periode II (segmen jalan normal).

No	Waktu	Jarak (m)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan = (jarak/waktu)*3,6 (km/jam) (X)	XI	(X-XI)	$\frac{(X-XI)^2}{2}$	S ²	S	Kecepatan rata-rata ruang (Us)
9	12.00-12.15	50	3,74	48,16	47,42	0,74	0,54	19,67	4,43	46,63
10	12.15-12.30	50	3,84	46,89	47,42	-0,53	0,28	19,67	4,43	45,32
11	12.30-12.45	50	4,03	44,71	47,42	-2,71	7,36	19,67	4,43	43,06
12	12.45-13.00	50	3,52	51,17	47,42	3,75	14,06	19,67	4,43	49,73
13	13.00-13.15	50	4,37	41,20	47,42	-6,22	38,67	19,67	4,43	39,41
14	13.15-13.30	50	3,99	45,16	47,42	-2,26	5,10	19,67	4,43	43,53
15	13.30-13.45	50	3,23	55,80	47,42	8,39	70,32	19,67	4,43	54,48
16	13.45-14.00	50	3,89	46,27	47,42	-1,15	1,33	19,67	4,43	44,67
Periode II				47,42		4,43	137,67			

Tabel 4.7: Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang menuju arah Teluk Nibung periode III (segmen jalan normal).

No	Waktu	Jarak (m)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan = (jarak/waktu)*3,6 (km/jam) (X)	XI	(X-XI)	$\frac{(X-XI)^2}{2}$	S ²	S	Kecepatan rata-rata ruang (Us)
17	16.00-16.15	50	3,59	50,12	55,62	-5,50	30,25	20,03	4,48	48,65
18	16.15-16.30	50	3,21	56,01	55,62	0,39	0,15	20,03	4,48	54,69
19	16.30-16.45	50	2,93	61,38	55,62	5,76	33,17	20,03	4,48	60,17
20	16.45-17.00	50	3,30	54,49	55,62	-1,13	1,27	20,03	4,48	53,14
21	17.00-17.15	50	3,05	59,06	55,62	3,45	11,89	20,03	4,48	57,82
22	17.15-17.30	50	3,12	57,62	55,62	2,00	4,02	20,03	4,48	56,34
23	17.30-17.45	50	3,73	48,27	55,62	-7,34	53,90	20,03	4,48	46,75
24	17.45-18.00	50	3,10	57,98	55,62	2,37	5,59	20,03	4,48	56,71
Periode III				55,62		4,48	140,24			

Tabel 4.8: Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang menuju arah Teluk Nibung periode I (segmen penyempitan jalan).

No	Waktu	Jarak (m)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan = (jarak/waktu)*3,6 (km/jam) (X)	XI	(X-XI)	$\frac{(X-XI)^2}{2}$	S ²	S	Kecepatan rata-rata ruang (Us)
1	07.00-07.15	50	8,26	21,80	27,02	-5,23	27,31	22,9	4,79	20,75
2	07.15-07.30	50	8,31	21,65	27,02	-5,37	28,84	22,9	4,79	20,59
3	07.30-07-45	50	7,94	22,68	27,02	-4,34	18,87	22,9	4,79	21,67
4	07.45-08.00	50	7,19	25,05	27,02	-1,97	3,89	22,9	4,79	24,14
5	08.00-08.15	50	5,98	30,09	27,02	3,07	9,40	22,9	4,79	29,33
6	08.15-08.30	50	5,48	32,85	27,02	5,82	33,91	22,9	4,79	32,15
7	08.30-0845	50	5,49	32,79	27,02	5,76	33,22	22,9	4,79	32,09
8	08.45-09.00	50	6,15	29,28	27,02	2,26	5,10	22,9	4,79	28,50
Periode I				27,02		4,79	160,53			

Tabel 4.9: Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang menuju arah Teluk Nibung periode II (segmen penyempitan jalan).

No	Waktu	Jarak (m)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan = (jarak/waktu)*3,6 (km/jam) (X)	XI	(X-XI)	$\frac{(X-XI)^2}{2}$	S ²	S	Kecepatan rata-rata ruang (Us)
9	12.00-12.15	50	6,11	29,48	27,20	2,28	5,22	5,9	2,42	29,29
10	12.15-12.30	50	6,25	28,82	27,20	1,62	2,63	5,9	2,42	28,62
11	12.30-12.45	50	6,97	25,83	27,20	-1,37	1,89	5,9	2,42	25,60
12	12.45-13.00	50	6,23	28,90	27,20	1,70	2,89	5,9	2,42	28,69
13	13.00-13.15	50	7,54	23,87	27,20	-3,33	11,08	5,9	2,42	23,63
14	13.15-13.30	50	7,12	25,27	27,20	-1,93	3,71	5,9	2,42	25,04
15	13.30-13.45	50	5,95	30,27	27,20	3,07	9,42	5,9	2,42	30,08
16	13.45-14.00	50	7,16	25,15	27,20	-2,05	4,19	5,9	2,42	24,92
Periode II				27,20		2,42	41,02			

Tabel 4.10: Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang menuju arah Teluk Nibung periode III (segmen penyempitan jalan).

No	Waktu	Jarak (m)	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan = (jarak/waktu)*3,6 (km/jam) (X)	XI	(X-XI)	$\frac{(X-XI)^2}{2}$	S ²	S	Kecepatan rata-rata ruang (Us)
17	16.00-16.15	50	5,61	32,07	33,01	-0,94	0,89	16,5	4,06	31,55
18	16.15-16.30	50	4,99	36,06	33,01	3,05	9,27	16,5	4,06	35,60
19	16.30-16.45	50	4,85	37,15	33,01	4,14	17,15	16,5	4,06	36,71
20	16.45-17.00	50	5,87	30,67	33,01	-2,34	5,46	16,5	4,06	30,13
21	17.00-17.15	50	4,77	37,71	33,01	4,70	22,12	16,5	4,06	37,28
22	17.15-17.30	50	5,55	32,41	33,01	-0,60	0,36	16,5	4,06	31,90
23	17.30-17.45	50	7,13	25,24	33,01	-7,77	60,36	16,5	4,06	24,59
24	17.45-18.00	50	5,49	32,77	33,01	-0,24	0,06	16,5	4,06	32,26
Periode III				33,01		4,06	115,67			

4.2.3 Perhitungan Kerapatan Lalu Lintas

Setelah diketahui nilai kecepatan ruang (U_s) = 20,75 dan volume (q) = 848 yang telah dihitung sebelumnya, maka besarnya kerapatan dapat diperoleh dengan menggunakan Pers. 2.3 yaitu:

$$k = \frac{q}{U_s} \quad k = \frac{848}{20,75} = 40,86 \text{ smp/km}$$

Selanjutnya hasil perhitungan volume, kecepatan rata-rata ruang dan kerapatan lalu lintas masing-masing ruas jalan dapat dilihat pada Tabel 4.11 – 4.12.

Tabel 4.11: Hasil perhitungan volume, kecepatan dan kerapatan kendaraan menuju arah Teluk Nibung.

No	Waktu	Segmen jalan normal		
		Volume q smp/jam	Kecepatan U_s (km/jam)	Kerapatan k (smp/km)
1	07.00-07.15	620	37,80	16,39
2	07.15-07.30	684	34,79	19,66
3	07.30-07-45	724	35,66	20,31
4	07.45-08.00	680	40,70	16,72
5	08.00-08.15	529	53,57	9,88
6	08.15-08.30	451	55,24	8,17
7	08.30-0845	446	55,58	8,03
8	08.45-09.00	484	44,29	10,92
	Periode I	4619	356,62	110,08
9	12.00-12.15	530	46,63	11,36
10	12.15-12.30	507	45,32	11,19
11	12.30-12.45	464	43,06	10,77
12	12.45-13.00	494	49,73	9,93
13	13.00-13.15	504	39,41	12,80
14	13.15-13.30	511	43,53	11,74
15	13.30-13.45	572	54,48	10,50
16	13.45-14.00	555	44,67	12,43
	Periode II	4137	366,82	90,72
17	16.00-16.15	413	48,65	8,48
18	16.15-16.30	443	54,69	8,10
19	16.30-16.45	484	60,17	8,04
20	16.45-17.00	530	53,14	9,97
21	17.00-17.15	500	57,82	8,65

Tabel 4.11: *Lanjutan.*

No	Waktu	Segmen jalan normal		
		Volume q smp/jam	Kecepatan Us (km/jam)	Kerapatan k (smp/km)
22	17.15-17.30	568	56,34	10,07
23	17.30-17.45	570	46,75	12,18
24	17.45-18.00	656	56,71	11,57
	Periode III	4163	434,26	77,08

Tabel 4.12: Hasil perhitungan volume, kecepatan dan kerapatan kendaraan menuju arah Teluk Nibung.

No	Waktu	Segmen penyempitan jalan		
		Volume q smp/jam	Kecepatan Us (km/jam)	Kerapatan k (smp/km)
1	07.00-07.15	848	20,75	40,86
2	07.15-07.30	926	20,59	44,94
3	07.30-07-45	993	21,67	45,85
4	07.45-08.00	921	24,14	38,17
5	08.00-08.15	719	29,33	24,53
6	08.15-08.30	610	32,15	18,98
7	08.30-0845	588	32,09	18,33
8	08.45-09.00	643	28,50	22,56
	Periode I	6248	208,71	254,21
9	12.00-12.15	695	29,29	23,73
10	12.15-12.30	675	28,62	23,57
11	12.30-12.45	620	25,60	24,23
12	12.45-13.00	662	28,69	23,06
13	13.00-13.15	668	23,63	28,29
14	13.15-13.30	692	25,04	27,63
15	13.30-13.45	774	30,08	25,72
16	13.45-14.00	738	24,92	29,60
	Periode II	5523	215,86	205,84
17	16.00-16.15	556	31,55	17,63
18	16.15-16.30	595	35,60	16,72
19	16.30-16.45	653	36,71	17,79
20	16.45-17.00	717	30,13	23,79
21	17.00-17.15	684	37,28	18,34
22	17.15-17.30	767	31,90	24,04
23	17.30-17.45	779	24,59	31,69

Tabel 4.12: *Lanjutan.*

No	Waktu	Segmen penyempitan jalan		
		Volume q smp/jam	Kecepatan Us (km/jam)	Kerapatan k (smp/km)
24	17.45-18.00	897	32,26	27,81
	Periode III	5648	260,02	177,80

4.3 Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kerapatan

4.3.1 Persamaan Regresi Linier

Untuk memperoleh hubungan antara ketiga variabel tersebut, terlebih data mengenai volume, kecepatan dan kerapatan lalu lintas yang terjadi untuk kedua arah disusun dalam daftar (Tabel 4.13 – 4.18). Selanjutnya hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan dianalisis dengan menggunakan 2 metode yaitu metode *Greenshield* dan *Greenberg*. Perhitungan dilakukan secara regresi linier dengan menggunakan bantuan Microsoft Excel 2007. Hitungan yang dianalisis adalah regresi linier antara:

1. Us dengan k untuk metode *Greenshield*
2. Us dengan ln k untuk metode *Greenberg*

Sebagai contoh perhitungan untuk kedua metode tersebut, maka diambil data-data volume, kecepatan dan kerapatan menuju arah Teluk Nibung, periode I (pada segmen penyempitan jalan) dapat dilihat dalam Tabel 4.16:

➤ Data-data yang diambil dari Tabel 4.16.

$$\begin{array}{ll}
 \sum k & = 254,21 & \sum \ln k \cdot Us & = 1393,46 \\
 \sum q & = 6248 & \sum \ln k & = 54,30 \\
 \sum Us & = 208,71 & \sum (\ln k)^2 & = 372,86 \\
 \sum k^2 & = 9054,52 & \sum \ln Us \cdot k & = 810,26 \\
 \sum n & = 8 & \sum \ln \cdot Us & = 25,98
 \end{array}$$

1. Metode *Greenshield*

➤ Mencari Nilai a

Sesuai dengan Pers. 2.9 maka pehitungannya adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum k^2 \sum U_s - \sum k \sum k U_s}{n \sum k^2 - (\sum k)^2} = \frac{9054,52 \times 208,71 - 254,21 \times 6248}{8 \times 9054,52 - 254,21^2} = 38,567$$

➤ Mencari Nilai b

Sesuai dengan Pers. 2.10 maka pehitungannya adalah sebagai berikut:

$$b = \frac{n \sum k U_s - \sum k \sum U_s}{n \sum k^2 - (\sum k)^2} = \frac{8 \times 6248 - 254,21 \times 208,71}{8 \times 9054,52 - 254,21^2} = -0,393$$

2. Metode *Greenberg*

➤ Mencari Nilai a

Sesuai dengan Pers. 2.15 maka pehitungannya adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum \ln k^2 \sum u_s - \sum \ln k \sum \ln k u_s}{n \sum \ln k^2 - (\sum \ln k)^2} = \frac{372,86 \times 208,71 - 54,30 \times 1393,46}{8 \times 372,86 - 54,30^2} = 62,820$$

➤ Mencari Nilai b

Sesuai dengan Pers. 2.16 maka pehitungannya adalah sebagai berikut:

$$b = \frac{n \sum \ln k \sum u_s - \sum \ln k \sum u_s}{n \sum \ln k^2 - (\sum \ln k)^2} = \frac{8 \times 1393,46 - 54,30 \times 208,71}{8 \times 372,86 - 54,30^2} = -6,752$$

Secara lengkap hasil rangkuman regresi linier tersebut, disajikan dalam Tabel 4.19 untuk kondisi jalan normal dan Tabel 4.20 untuk kondisi jalan yang menyempit. Hasil olahan dari data regresi linier tersebut akan diperoleh persamaan yang memperlihatkan adanya hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan untuk kedua model yang disebut di atas.

4.3.2 Nilai Arus Maksimum (*qmaks*)

Setelah diperoleh persamaan regresi masing-masing model/metode, maka akan dihitung arus maksimum dari tiap-tiap model tersebut. Berikut ini disajikan contoh perhitungan arus maksimum yang didasarkan dari data volume, kecepatan dan kerapatan.

Contoh perhitungan yang diambil adalah arah menuju Teluk Nibung pada segmen penyempitan jalan:

1. Metode Greenshield

$$U_s = a - b \times k$$

$$U_s = 38,567 - (-0,393) \times k$$

$$k_j = 38,567 / 0,393 = 98,211 \text{ smp/km}$$

Nilai k dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan yaitu syarat turunan pertama sama dengan 0.

$$dq/dk = 0$$

$$dq/dk = 38,567 \times k - (-0,393) k^2$$

$$dq/dk = 38,567 - 2(-0,393) k = 0$$

$$= 38,567 - (-0,786 \times k = 0$$

$$k = 38,567 / 0,786 = 49,067 \text{ smp/km}$$

$$\text{Jadi, } q_{\text{maks}} = 38,567 \times k - 0,393 \times k^2$$

$$= 38,567 \times (49,067) - (-0,393 \times (49,067)^2$$

diperoleh nilai $q_{\text{maks}} = 2838,503 \text{ smp/jam}$.

2. Metode Greenberg

$$U_s = a - b \times \ln k$$

$$U_s = 62,820 - (-6,752 \times \ln k$$

Model greenberg sulit untuk mencari nilai U_f karena $k = 0$, maka hasilnya tak terhingga. Jika $U_s = 0$, maka $k = k_j$

$$62,820 - (-6,752) \times \ln k = 0$$

$$6,752 \times \ln k = 62,820$$

$$\ln k = 62,820 / 6,752$$

$$k_j = e^{(62,820 / 6,752)}$$

$$= 10980,870 \text{ smp/km}$$

Dari Pers. 2.21 didapat rumus:

$$q = a \times k - b \times k \times \ln k$$

$$q = 62,820 - (-6,752) \times k \times \ln k$$

Nilai $k = 0$

$$dq/dk = 0$$

$$dq = 62,820 \times dk - (-6,752) \times (\ln k \times dk + U_m \times dk (\ln k)$$

$$dq = 62,820 \times dk - (-6,752 \times \ln k \times dk - (-6,752 k \times (dk/k)$$

$$dq/dk = 62,820 - (-6,752) \times \ln k - (-6,752) k \times (1/k)$$

$$62,820 - (-6,752) \times \ln k - (-6,752) = 0$$

$$- 6,752 \times \ln k = -6,752 + 62,820$$

$$\ln k = (56,068)/6,752$$

$$= 8,304$$

$$k = e^{(8,304)}$$

$$= 4040 \text{ smp/km}$$

$$q_{\text{maks}} = 62.820 \times k - 6,752 \times k \times \ln k$$

$$= 62.820 (4040) - (-6,752 \times (4040) \times \ln (4040))$$

$$q_{\text{maks}} = 480309,975 \text{ smp/jam.}$$

Selengkapnya nilai q_{maks} dapat dilihat pada Tabel 4.23 untuk segmen jalan normal lihat Tabel 4.24 untuk untuk segmen jalan yang menyempit.

4.3.3 Pengujian Statistik

Hasil hitungan regresi linier harus memenuhi persyaratan tertentu yang disebut dengan pengujian statistik. Pengujian ini didasarkan pada nilai F dan t dari hasil perhitungan dibandingkan dengan hasil dari tabel. Suatu persamaan dapat digunakan apabila hasil perhitungan lebih besar dari nilai tabel pada tingkat signifikansi yang ditentukan. Pada pengujian ini juga ditampilkan nilai r^2 untuk masing-masing regresi linier. Sebagai contoh perhitungan r^2 , uji t dan uji F dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini, dengan mengambil data-data volume, kecepatan dan kerapatan dengan model *Greenshield* menuju arah ke Teluk Nibung pada segmen penyempitan jalan Periode I (07.00 - 09.00 WIB).

Data-data yang diambil dari Tabel 4.16.

$$\sum k = 254,21$$

$$\sum k^2 = 9054,52$$

$$\sum q = 6248$$

$$\sum n = 8$$

$$\sum U_s = 208,71$$

$$\sum U_s^2 = 5641,97$$

Untuk mencari nilai r^2 digunakan Pers. 2.24 sebagai berikut:

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

$$= \frac{8 \times 6248 - 254,21 \times 208,71}{\sqrt{\{8 \times 9054,52 - 254,21^2\} \times \{8 \times 5641,97 - 208,71^2\}}}$$

$$r = 0,874$$

$$r^2 = 0,764$$

➤ Uji t

Dari Pers. 2.25 maka didapat perhitungan sebagai berikut:

$$t = \frac{b_i}{s_{b_i}} = r * \sqrt{\frac{n-i-1}{1-r^2}} \qquad t = 0,874 \times \sqrt{\frac{8-1-1}{1-0,764}}$$
$$= 4,407$$

➤ Uji F

Dari Pers. 2.26 didapat perhitungan sebagai berikut:

$$F = \frac{r^2/i}{(1-r^2)/(n-i-1)}$$
$$= \frac{0,764/1}{(1-0,764)/(8-1-1)}$$

$$F = 19,424$$

4.4 Penentuan Model Terpilih

Dari hasil pengujian statistik yang dilakukan kepada 2 metode yaitu metode *greenshields* dan metode *greenberg*, kedua metode tersebut masing-masing menghasilkan nilai yang sangat baik, dan mendapatkan nilai r^2 yang berbeda-beda pada tiap metode. Untuk hasil pengujian koefisien determinasi (periode I) pada segmen penyempitan jalan didapat nilai $r^2 = 0,764$ untuk metode *greenshields* dan $r^2 = 0,636$ untuk metode *greenberg*. Maka untuk penentuan model terpilih dari kedua metode yang digunakan metode *greenshields* lebih memenuhi kriteria yang lebih baik dari pada metode *greenberg*, karena nilai r^2 yang didapatkan dengan menggunakan metode *greenshields* lebih besar dibanding menggunakan metode *greenberg*.

Hasil perhitungan regresi linier dan uji statistik selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.25 untuk segmen jalan normal dan Tabel 4.26 untuk segmen jalan menyempit.

Tabel 4.13: Hasil perhitungan regresi linier menuju arah Teluk Nibung Periode I (segmen jalan normal).

No	Waktu	Volume Q (smp/jam)	Kecepatan Us (km/jam)	Kerapatan k (smp/km)	k^2	In k	$(\ln k)_2$	Us^2	In k . Us	In . Us	In Us . K	$(\ln Us)^2$
1	07.00-07.15	620	37,80	16,39	268,68	5,59	31,29	1428,83	211,44	3,63	59,54	13,19
2	07.15-07.30	684	34,79	19,66	386,60	5,96	35,49	1210,17	207,24	3,55	69,79	12,60
3	07.30-07-45	724	35,66	20,31	412,48	6,02	36,27	1271,50	214,74	3,57	72,59	12,77
4	07.45-08.00	680	40,70	16,72	279,52	5,63	31,73	1656,19	229,25	3,71	61,96	13,74
5	08.00-08.15	529	53,57	9,88	97,65	4,58	20,99	2870,07	245,44	3,98	39,34	15,85
6	08.15-08.30	451	55,24	8,17	66,77	4,20	17,65	3051,56	232,08	4,01	32,78	16,09
7	08.30-0845	446	55,58	8,03	64,46	4,17	17,36	3088,69	231,53	4,02	32,26	16,14
8	08.45-09.00	484	44,29	10,92	119,24	4,78	22,86	1961,27	211,74	3,79	41,39	14,37
	Total	4619	356,62	110,08	1695,41	40,94	213,63	16538,30	1783,46	30,26	409,65	114,75

Tabel 4.14: Hasil perhitungan regresi linier menuju arah Teluk Nibung Periode II (segmen jalan normal).

No	Waktu	Volume Q (smp/jam)	Kecepatan Us (km/jam)	Kerapatan k (smp/km)	k^2	In k	$(\ln k)_2$	Us^2	In k . Us	In . Us	In Us . K	$(\ln Us)^2$
9	12.00-12.15	530	46,63	11,36	129,11	4,86	23,63	2174,02	226,64	3,84	43,66	14,76
10	12.15-12.30	507	45,32	11,19	125,17	4,83	23,33	2053,59	218,86	3,81	42,67	14,54
11	12.30-12.45	464	43,06	10,77	116,03	4,75	22,60	1853,84	204,68	3,76	40,53	14,16
12	12.45-13.00	494	49,73	9,93	98,52	4,59	21,07	2472,89	228,27	3,91	38,78	15,26
13	13.00-13.15	504	39,41	12,80	163,80	5,10	26,00	1553,26	200,94	3,67	47,02	13,50
14	13.15-13.30	511	43,53	11,74	137,92	4,93	24,27	1894,74	214,45	3,77	44,32	14,24
15	13.30-13.45	572	54,48	10,50	110,22	4,70	22,11	2968,45	256,21	4,00	41,97	15,98
16	13.45-14.00	555	44,67	12,43	154,46	5,04	25,40	1995,65	225,15	3,80	47,22	14,44
	Total	4137	366,82	90,72	1035,24	38,80	188,40	16966,45	1775,20	30,57	346,16	116,88

Tabel 4.15: Hasil perhitungan regresi linier menuju arah Teluk Nibung Periode III (segmen jalan normal).

No	Waktu	Volume Q (smp/jam)	Kecepatan Us (km/jam)	Kerapatan k (smp/km)	k^2	In k	$(\ln k)_2$	Us^2	In k . Us	In . Us	In Us . K	$(\ln Us)^2$
17	16.00-16.15	413	48,65	8,48	71,94	4,28	18,28	2366,36	208,00	3,88	32,95	15,09
18	16.15-16.30	443	54,69	8,10	65,67	4,18	17,51	2991,09	228,86	4,00	32,43	16,01
19	16.30-16.45	484	60,17	8,04	64,64	4,17	17,38	3620,95	250,86	4,10	32,94	16,79
20	16.45-17.00	530	53,14	9,97	99,33	4,60	21,15	2823,62	244,35	3,97	39,60	15,78
21	17.00-17.15	500	57,82	8,65	74,91	4,32	18,63	3342,79	249,55	4,06	35,12	16,46
22	17.15-17.30	568	56,34	10,07	101,49	4,62	21,34	3174,34	260,30	4,03	40,61	16,25
23	17.30-17.45	570	46,75	12,18	148,46	5,00	25,00	2185,34	233,75	3,84	46,85	14,78
24	17.45-18.00	656	56,71	11,57	133,97	4,90	23,99	3216,04	277,75	4,04	46,74	16,31
	Total	4163	434,26	77,08	760,42	36,06	163,28	23720,52	1953,42	31,93	307,23	127,48

Tabel 4.16: Hasil perhitungan regresi linier menuju arah Teluk Nibung periode I (segmen penyempitan jalan).

No	Waktu	Volume q (smp/jam)	Kecepatan Us (km/jam)	Kerapatan k (smp/km)	k^2	In k	$(\text{In } k)^2$	U_s^2	$\text{In } k \cdot U_s$	$\text{In } \cdot U_s$	$\text{In } U_s \cdot K$	$(\text{In } U_s)^2$
1	07.00-07.15	848	20,75	40,86	1669,29	7,42	55,06	430,38	153,94	3,03	123,89	9,20
2	07.15-07.30	926	20,59	44,94	2020,00	7,61	57,93	424,13	156,74	3,03	135,96	9,15
3	07.30-07-45	993	21,67	45,85	2101,82	7,65	58,53	469,52	165,78	3,08	141,01	9,46
4	07.45-08.00	921	24,14	38,17	1456,63	7,28	53,05	582,59	175,81	3,18	121,51	10,14
5	08.00-08.15	719	29,33	24,53	601,74	6,40	40,96	860,07	187,69	3,38	82,88	11,41
6	08.15-08.30	610	32,15	18,98	360,26	5,89	34,65	1033,53	189,25	3,47	65,87	12,04
7	08.30-0845	588	32,09	18,33	336,03	5,82	33,84	1029,60	186,66	3,47	63,58	12,03
8	08.45-09.00	643	28,50	22,56	508,76	6,23	38,84	812,16	177,60	3,35	75,56	11,22
	Total	6248	208,71	254,21	9054,52	54,30	372,86	5641,97	1393,46	25,98	810,26	84,65

Tabel 4.17: Hasil perhitungan regresi linier menuju arah Teluk Nibung periode II (segmen penyempitan jalan).

No	Waktu	Volume q (smp/jam)	Kecepatan Us (km/jam)	Kerapatan k (smp/km)	k^2	In k	$(\text{In } k)^2$	U_s^2	$\text{In } k \cdot U_s$	$\text{In } \cdot U_s$	$\text{In } U_s \cdot K$	$(\text{In } U_s)^2$
9	12.00-12.15	695	29,29	23,73	563,21	6,33	40,12	857,63	185,48	3,38	80,15	11,40
10	12.15-12.30	675	28,62	23,57	555,70	6,32	39,95	818,94	180,87	3,35	79,06	11,25
11	12.30-12.45	620	25,60	24,23	586,97	6,37	40,64	655,31	163,19	3,24	78,56	10,51
12	12.45-13.00	662	28,69	23,06	531,60	6,28	39,39	823,39	180,09	3,36	77,39	11,27
13	13.00-13.15	668	23,63	28,29	800,41	6,69	44,69	558,16	157,94	3,16	89,47	10,00
14	13.15-13.30	692	25,04	27,63	763,67	6,64	44,06	627,06	166,23	3,22	89,00	10,37
15	13.30-13.45	774	30,08	25,72	661,62	6,49	42,18	904,53	195,33	3,40	87,55	11,59
16	13.45-14.00	738	24,92	29,60	876,20	6,78	45,91	620,92	168,84	3,22	95,18	10,34
	Total	5523	215,86	205,84	5339,38	51,90	336,93	5865,94	1397,96	26,33	676,36	86,73

Tabel 4.18: Hasil perhitungan regresi linier menuju arah Teluk Nibung periode III (segmen penyempitan jalan).

No	Waktu	Volume q (smp/jam)	Kecepatan Us (km/jam)	Kerapatan k (smp/km)	k^2	In k	$(\text{In } k)^2$	U_s^2	$\text{In } k \cdot U_s$	$\text{In } \cdot U_s$	$\text{In } U_s \cdot K$	$(\text{In } U_s)^2$
17	16.00-16.15	556	31,55	17,63	310,70	5,74	32,93	995,68	181,09	3,45	60,84	11,91
18	16.15-16.30	595	35,60	16,72	279,56	5,63	31,73	1267,20	200,53	3,57	59,73	12,76
19	16.30-16.45	653	36,71	17,79	316,47	5,76	33,15	1347,40	211,33	3,60	64,10	12,98
20	16.45-17.00	717	30,13	23,79	565,81	6,34	40,17	908,08	191,00	3,41	81,01	11,60
21	17.00-17.15	684	37,28	18,34	336,32	5,82	33,85	1389,48	216,87	3,62	66,36	13,09
22	17.15-17.30	767	31,90	24,04	577,69	6,36	40,44	1017,81	202,87	3,46	83,23	11,99
23	17.30-17.45	779	24,59	31,69	1004,36	6,91	47,78	604,51	169,95	3,20	101,48	10,25
24	17.45-18.00	897	32,26	27,81	773,35	6,65	44,23	1040,88	214,57	3,47	96,61	12,07
	Total	5648	260,02	177,80	4164,27	49,21	304,28	8571,05	1588,21	27,79	613,35	96,66

Tabel 4.19 : Hasil perhitungan regresi linier masing-masing model menuju arah ke Teluk Nibung, pada segmen jalan normal.

Periode pengamatan	Greenshield		Greenberg	
	a	b	A	B
Periode I	66,555	-1,597	95,434	-9,939
Periode II	85,236	-3,473	141,443	-19,708
Periode III	65,666	-1,181	79,994	-5,704

Tabel 4.20 : Hasil perhitungan regresi linier masing-masing model menuju arah ke Teluk Nibung, pada segmen penyempitan jalan.

Periode pengamatan	Greenshield		Greenberg	
	a	b	a	b
Periode I	38,567	-0,393	62,820	-6,752
Periode II	45,399	-0,716	87,353	-9,306
Periode III	46,181	-0,615	75,142	-6,932

Tabel 4.21: Persamaan hubungan antara volume, kecepatan, dan kerapatan menuju arah Teluk Nibung (segmen jalan normal).

Pengamatan		Greenshilds	Greenberg
Periode I	Us – k	$U_s = 66.555 - (66.555/41.675) * k$	$U_s = 95.434 - 9.939 * \ln k$
	q – k	$q = 66.555 * k - (66.555/41.675) * k^2$	$q = 95.434 * k - 9.939 * k * \ln k$
	q – Us	$q = 41.675 * U_s - (41.675/66.555) * U_s^2$	$q = 14793.927 * U_s * e^{-(U_s/9.939)}$
Periode II	Us – k	$U_s = 85.236 - (85.236/24.542) * k$	$U_s = 141.443 - 19.708 * \ln k$
	q – k	$q = 85.236 * k - (85.236/24.542) * k^2$	$q = 141.443 * k - 19.708 * k * \ln k$
	q – Us	$q = 24.542 * U_s - (24.542/85.236) * U_s^2$	$q = 1308.888 * U_s * e^{-(U_s/19.708)}$
Periode III	Us – k	$U_s = 65.666 - (65.666/55.602) * k$	$U_s = 79.994 - 5.704 * \ln k$
	q – k	$q = 65.666 * k - (65.666/55.602) * k^2$	$q = 79.994 * k - 5.704 * k * \ln k$
	q – Us	$q = 55.602 * U_s - (55.602/65.666) * U_s^2$	$q = 1232054.364 * U_s * e^{-(U_s/5.704)}$

Tabel 4.22: Persamaan hubungan antara volume, kecepatan, dan kerapatan menuju arah Teluk Nibung (segmen penyempitan jalan).

Pengamatan		Greenshilds	Greenberg
Periode I	Us – k	$U_s = 38.567 - (38.567/98.211) * k$	$U_s = 62.820 - 6.752 * \ln k$
	q – k	$q = 38.567 * k - (38.567/98.211) * k^2$	$q = 62.820 * k - 6.752 * k * \ln k$
	q – Us	$q = 98.211 * U_s - (98.211/38.567) * U_s^2$	$q = 10980.870 * U_s * e^{-(U_s/6.752)}$
Periode II	Us – k	$U_s = 45.399 - (45.399/63.406) * k$	$U_s = 87.353 - 9.306 * \ln k$
	q – k	$q = 45.399 * k - (45.399/63.406) * k^2$	$q = 87.353 * k - 9.306 * k * \ln k$
	q – Us	$q = 63.406 * U_s - (63.406/45.399) * U_s^2$	$q = 11929.144 * U_s * e^{-(U_s/9.306)}$
Periode III	Us – k	$U_s = 46.181 - (46.181/75.035) * k$	$U_s = 75.142 - 6.932 * \ln k$
	q – k	$q = 46.181 * k - (46.181/75.035) * k^2$	$q = 75.142 * k - 6.932 * k * \ln k$
	q – Us	$q = 75.035 * U_s - (75.035/46.181) * U_s^2$	$q = 51014.901 * U_s * e^{-(U_s/6.932)}$

Tabel 4.23 : Hasil nilai q_{maks} , U_f dan K_j masing-masing model menuju arah ke Teluk Nibung, pada segmen jalan normal.

Periode pengamatan	Greenshild			Greenberg	
	U_f	k_j	q_{maks}	k_j	Q_{maks}
Periode I	66.555	41.675	2080.261	14792,927	985753,054
Periode II	85.236	24.542	15668.918	1308.888	126733,371
Periode III	65.666	55.584	2737.472	1232054	69984909,393

Tabel 4.24 : Hasil nilai q_{maks} , U_f dan K_j masing-masing model menuju arah ke Teluk Nibung, pada segmen penyempitan jalan.

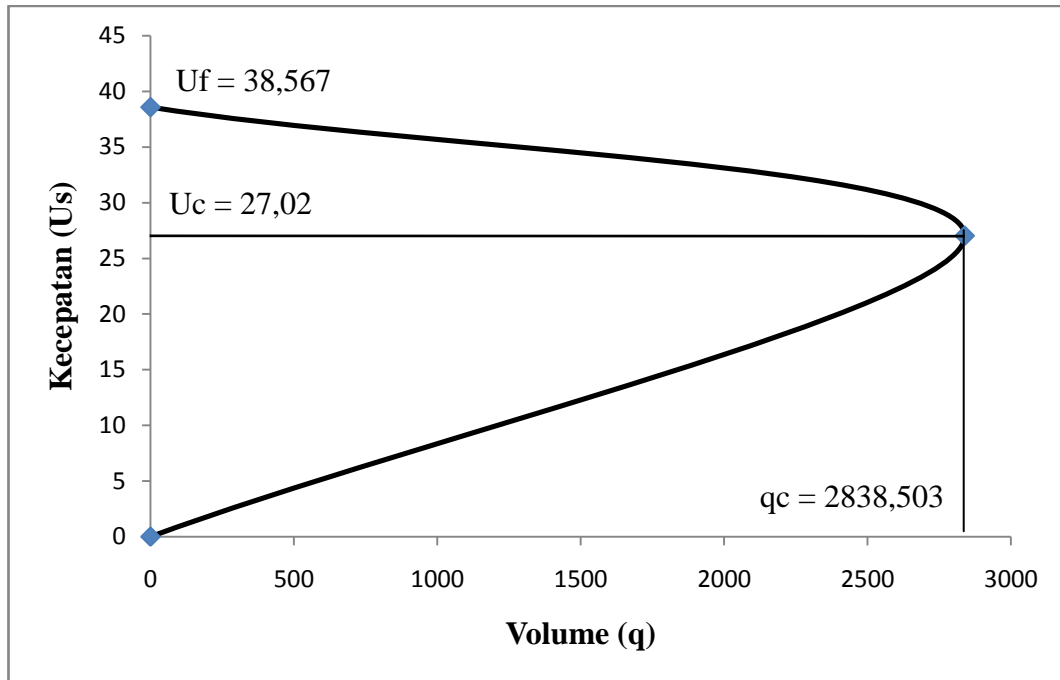
Periode pengamatan	Greenshild			Greenberg	
	U_f	k_j	q_{maks}	k_j	Q_{maks}
Periode I	38.567	98.135	2838.503	10980.870	480309,975
Periode II	45.399	63.425	2159,585	11929.144	726058,081
Periode III	46.181	75.035	2598,905	51014.901	2690699,580

Tabel 4.25 : Hasil perhitungan regresi linier dan uji statistik menuju arah ke Teluk Nibung, pada segmen jalan normal.

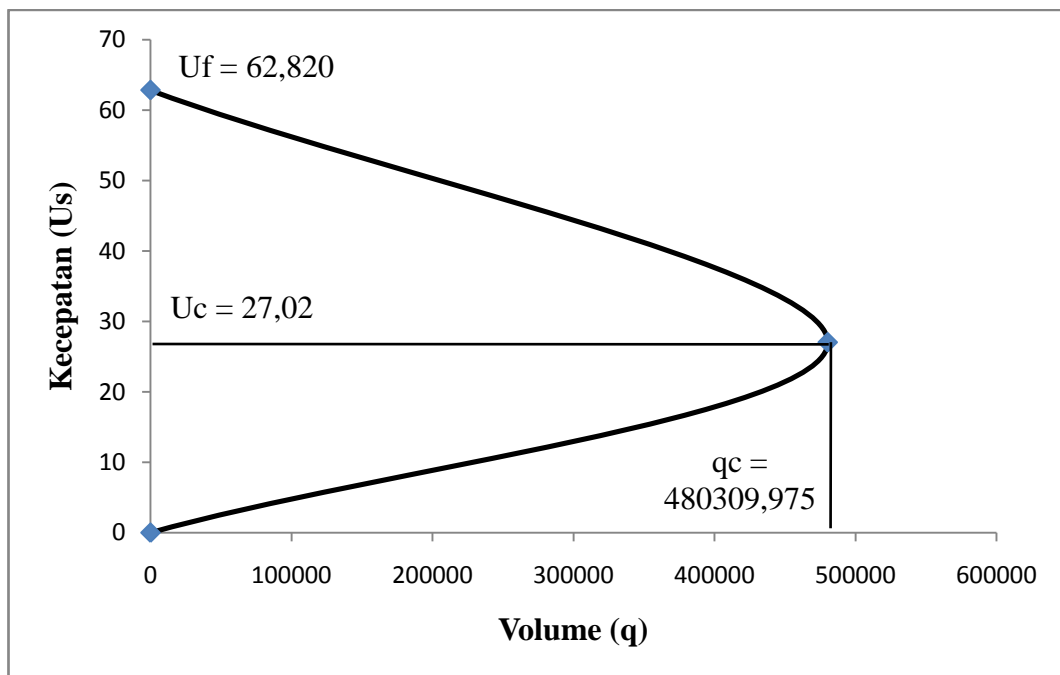
Periode pengamatan	Greenshild			Greenberg		
	r^2	T	F	r^2	T	F
Periode I	0,718	3,913	15,311	0,641	3,724	10,716
Periode II	0,541	2,660	7,078	0,538	2,641	6,973
Periode III	0,168	1,101	1,212	0,160	1,061	1,144
Keterangan	Model diterima			Model diterima		

Tabel 4.17 : Hasil perhitungan regresi linier dan uji statistik menuju arah ke Teluk Nibung, pada segmen jalan normal.

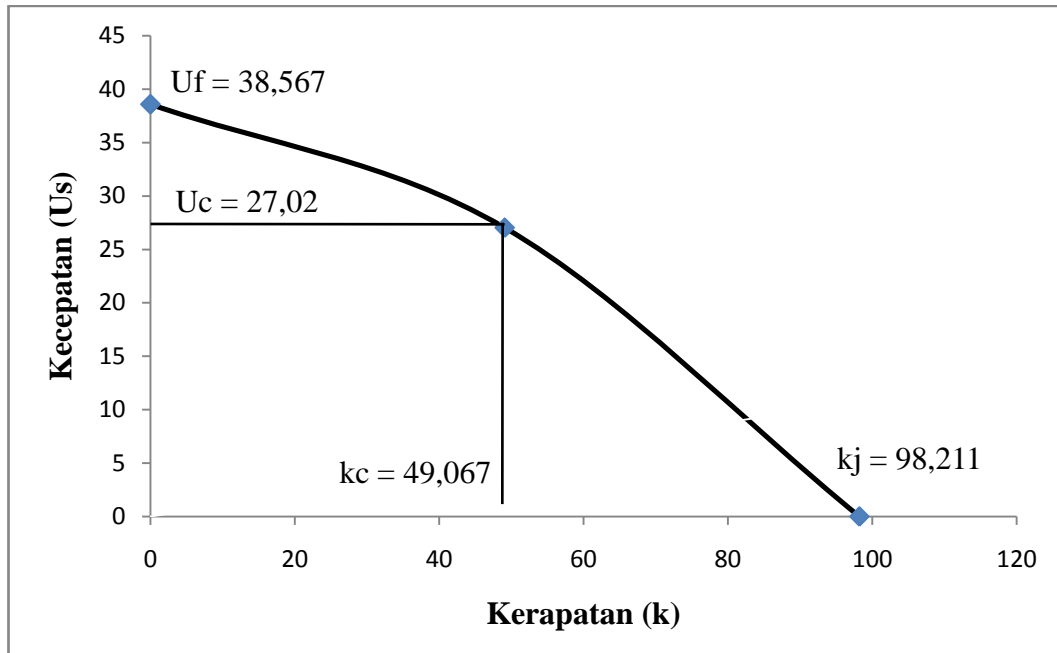
Periode pengamatan	Greenshild			Greenberg		
	r^2	T	F	r^2	T	F
Periode I	0,764	4,407	19,424	0,636	3,237	10,475
Periode II	0,531	2,607	6,799	0,527	2,588	6,697
Periode III	0,764	3,519	12,386	0,647	3,318	11,010
Keterangan	Model diterima			Model diterima		



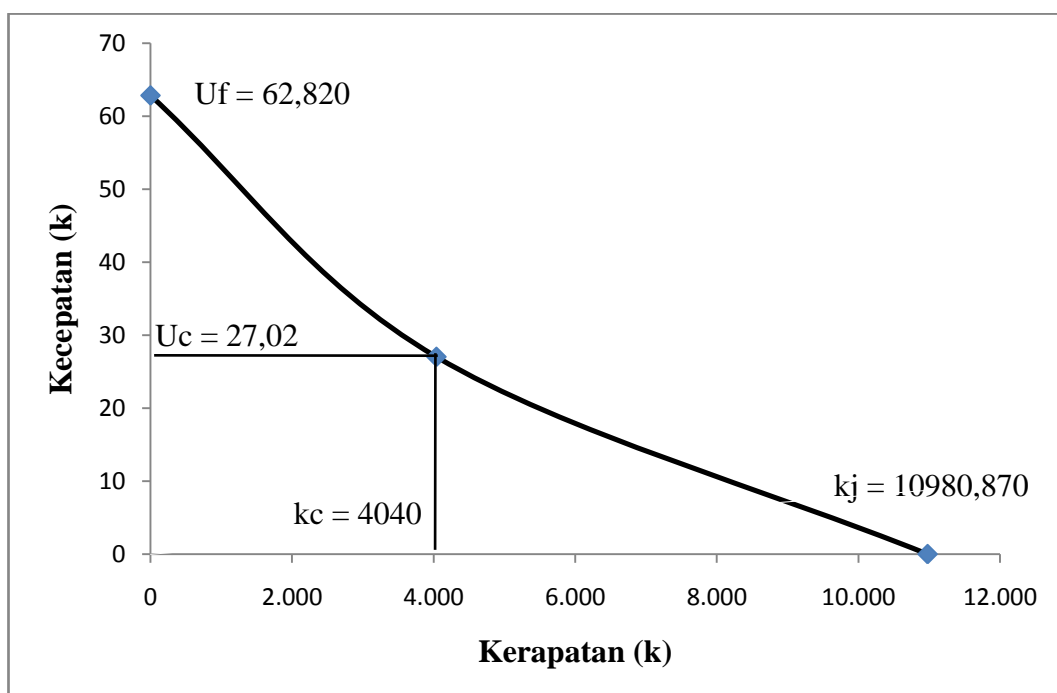
Gambar 4.1: Grafik hubungan antara volume (q) dan kecepatan (U_s) menurut metode greenshield menuju arah Teluk Nibung periode I (pada segmen penyempitan jalan).



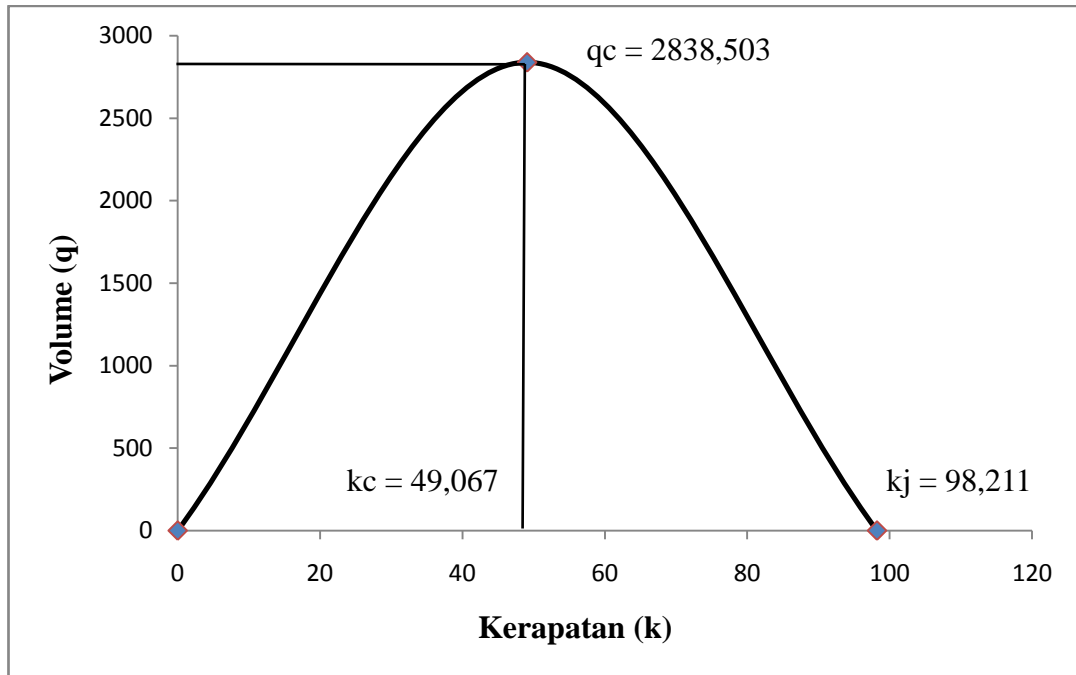
Gambar 4.2: Grafik hubungan antara volume (q) dan kecepatan (U_s) menurut metode greenberg menuju arah Teluk Nibung periode I (pada segmen penyempitan jalan).



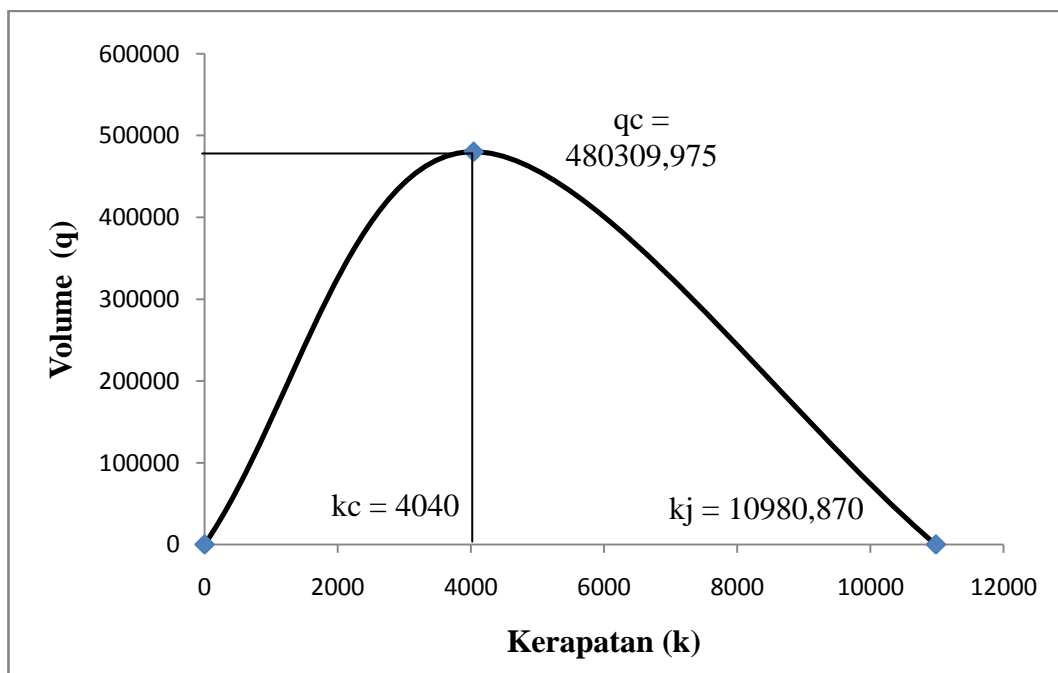
Gambar 4.3: Grafik hubungan antara kecepatan (U_s) dan kerapatan (k) menurut metode greenshield menuju arah Teluk Nibung periode I (pada segmen penyempitan jalan).



Gambar 4.4: Grafik hubungan antara kecepatan (U_s) dan kerapatan (k) menurut metode greenberg menuju arah Teluk Nibung periode I (pada segmen penyempitan jalan).



Gambar 4.5: Grafik hubungan antara volume (q) dan kerapatan (k) menurut metode greenshields menuju arah ke Teluk Nibung periode I (pada segmen penyempitan jalan).



Gambar 4.6: Grafik hubungan antara volume (q) dan kerapatan (k) menurut metode greenberg menuju arah ke Teluk Nibung periode I (pada segmen penyempitan jalan).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada kondisi rus lalu lintas dengan kecepatan yang bervariasi, kedua model *greenshields* dan *greenberg* menghasilkan nilai yang cukup baik, akan tetapi pada pengujian statistik yang dilakukan terlihat bahwa model *greenshields* memiliki kriteria yang lebih baik dari model *greenberg*. Dari hasil perhitungan yang dilakukan, diperoleh nilai dari masing-masing kondisi jalan yang didapat dari metode *greenshields*, yaitu:

- a. Untuk arah ke Teluk Nibung pada segmen jalan normal.
 - Periode I
qmaks = 2080,261 smp/jam dengan kerapatan maksimum kj = 41.675 smp/km dan kecepatan arus bebas $U_f = 66.555$ km/jam.
 - Periode II
qmaks = 1568,918 smp/jam dengan kerapatan maksimum kj = 24.542 smp/km dan kecepatan arus bebas $U_f = 85.236$ km/jam.
 - Periode III
qmaks = 2737,472 smp/jam dengan kerapatan maksimum kj = 55.584 smp/km dan kecepatan arus bebas $U_f = 65.666$ km/jam.
- b. Untuk arah ke Teluk Nibung pada segmen Penyempitan jalan.
 - Periode I
qmaks = 2838,503 smp/jam dengan kerapatan maksimum kj = 98.211 smp/km dan kecepatan arus bebas $U_f = 38.567$ km/jam.
 - Periode II
qmaks = 2159,585 smp/jam dengan kerapatan maksimum kj = 63.425 smp/km dan kecepatan arus bebas $U_f = 45.399$ km/jam.
 - Periode III
qmaks = 2598,905 smp/jam dengan kerapatan maksimum kj = 75.035 smp/km dan kecepatan arus bebas $U_f = 46.181$ km/jam.

5.2 Saran

1. Untuk mengurangi terjadinya peningkatan volume arus lalu lintas pada jam puncak perlu dilakukan manajemen (penataan) lalu lintas yang baik.
2. Perlu dilakukan studi tentang pengaruh perilaku pengemudi dan kendaraan terhadap kelancaran lalu lintas, khususnya pada kecepatan kendaraan.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada lokasi yang sama dengan model yang berbeda sehingga didapat hubungan korelasi antara kecepatan-kepadatan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariadi (2016) Pengaruh Penyempitan Jalan Pada Jembatan Terhadap Karakteristik Lalu Lintas. *Laporan Tugas Akhir*. Progran Studi Teknik Sipil. Universitas Syah Kuala. Aceh
- Budiarto, A. (1998) Pengaruh 'Bottleneck' Terhadap Karakteristik Lalu Lintas. *Magister Tesis*. Institut Teknik Bogor. Bandung.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen pekerjaan Umum. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (1990) *Panduan Survei dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu lintas*. Departemen pekerjaan Umum. Jakarta.
- Indrajaya, Y. Riyanto, B. dan Widodo, D. (2003) *Pengaruh Penyempitan Jalan Terhadap Karakteristik Lalulintas*. Jurnal Universitas Diponegoro. Semarang.
- Khisty, C. J dan B. Kent Lall. (2003) *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*. Cetakan III. Jakarta: Erlangga.
- Munawar, Ahmad. (2005) *Dasar-Dasar Teknik Transportasi*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Harahap, N (2010) Pengaruh Penyempitan Jalan Terhadap Karakteristik Lalu Lintas Dengan Membandingkan Model Linier Greenshields Greenberg dan Underwood. *Laporan Tugas Akhir*. Progran Studi Teknik Sipil. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sudjana, (2000) *Metoda Statistika*, (Edisi VI). Bandung: Tarsito.
- Tamin, O. Z. (2000) *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. 2nd ed. ITB. Bandung.
- https://id.wikipedia.org/wiki/Kota_Tanjungbalai.
- <https://www.google.com/maps/place/Tj.+Balai,+Kabupaten+Asahan,+Sumatera+Utara,+Indonesia/@2.9793331,99.7977378,15.29z/data=!4m5!3m4!1s0x303253584816c7a1:0xb114d785d3ce3f2!8m2!3d3.0424911!4d99.8236533>.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 3 : Foto dokumentasi survei.



Gambar L3. 1 : Situasi jalan pada pagi hari.



Gambar L3. 2 : Situasi jalan pada siang hari.



Gambar L3. 3 : Situasi jalan pada sore hari.



Gambar L3. 4 : Situasi kendaraan saat melintasi jembatan.



Gambar L3. 5 : Situasi kendaraan saat menaiki jembatan.



Gambar L3. 6 : Situasi kendaraan saat menuruni jembatan.



Gambar L3. 7 : Pengukuran panjang jembatan.



Gambar L3. 8 : Pengukuran lebar badan jembatan.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap : Faisal Rais Hasibuan
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat/Tgl lahir : Sei Serindan 24 Mei 1992
Agama : Islam
Alamat : Sei jawi-jawi, Kecamatan Sei Kepayang Timur.
No. Hp : 085270447051
Nama Orang Tua
Ayah : Lahmuddin Hasibuan
Ibu : Asnah Panjaitan
E-mail : Faisalrais295@gmail.com

DAFTAR RIWAYAT PENDIDIKAN

No. Induk Mahasiswa : 1207210189
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun
1	Sekolah Dasar	SD Negeri 010015 Sei Kepayang	2005
2	SMP	MTS Negeri Tanjung Balai	2008
3	SMA	SMA Negeri 5 Tanjung Balai	2011
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2012 sampai selesai.		

