

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENYEMPITAN BADAN JALAN DAN KARAKTERISTIK LALULINTAS DIRUAS JALAN CEMARA KOTA MEDAN DENGAN MENGUNAKAN METODE *GREENSHIELDS* DAN *GREENBERG* (STUDI KASUS)

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

Disusun Oleh:

KHAIRUL AFANDI
1807210007



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

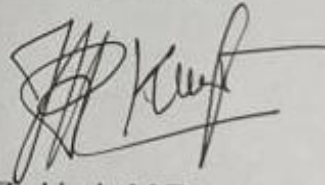
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Ini Diajukan Oleh:

Nama : Khairul Afandi
NPM : 1807210007
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh penyempitan badan jalan dan karakteristik lalulintas ruas jalan Cemara Kota Medan dengan menggunakan Metode *Greenshields* dan Metode *Greenberg*.
Bidang Ilmu : Transportasi

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 21 September 2022
Dosen Pembimbing



Ir. Zurkiyah, M.T

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Ini diajukan Oleh:

Nama : Khairul Afandi

Npm : 1807210007

Program studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh penyempitan badan Jalan dan karakteristik lalulintas Ruas Jalan Cemara Kota Medan dengan menggunakan Metode *Greenshilds* dan *Greenberg*.

Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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, 21 September 2022

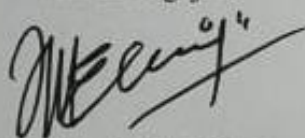
Mengetahui dan disetujui:

Dosen Pembimbing:



Ir. Zurkiyah, M.T

Dosen Penguji I



Irma Dewi, S.T., M.Si

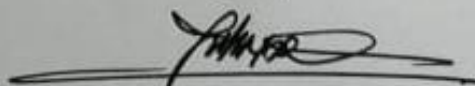
Dosen Penguji II



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Program Studi Teknik Sipil

Ketua:



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini di ajukan oleh:

Nama : Khairul Afandi
Tempat, tanggal lahir : Suka Tani, 05 Oktober 1995
Npm : 1807210007
Fakultas : Teknik
Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “Pengaruh penyempitan Badan Jalan dan karakteristik Lalulintas Ruas Jalan Cemara Kota Medan dengan menggunakan metode *Greenshilds* dan *Greenberg*”

Bukan merupakan plagiatisme, 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 hakikatnya 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 bentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat dengan pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, 21 September 2022

Saya yang menyatakan.


Khairul Afandi

ABSTRAK

PENGARUH PENYEMPITAN BADAN JALAN DAN KARAKTERISTIK LALULINTAS DIRUAS JALAN CEMARA KOTA MEDAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE GREENSHIELDS DAN GREENBERG (STUDI KASUS)

Khairul Afandi
1807210007

Ir. Zurkiyah, M.T

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hubungan antara arus, kecepatan dan kerapatan lalulintas akibat terjadinya penyempitan jalan, mengetahui nilai arus dan kerapatan maksimum pada ruas jalan normal dan ruas jalan yang mengalami penyempitan jalan dan mengetahui pengaruh penyempitan badan jalan yang berkaitan dengan arus, kecepatan dan kerapatan lalulintas. Untuk mengetahui nilai-nilai tersebut digunakan 2 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 geometrik jalan yang mengalami pengurangan lebar badan jalan. Dari hasil perhitungan analisa data yang dilakukan pada kedua metode, diperoleh nilai regresi untuk koefisien determinasi (periode III) pada segmen jalan menyempit untuk metode *Greenshields* $r^2= 0,98$ dan metode *Greenberg* $r^2= 0,44$ sedangkan untuk segmen jalan normal diperoleh nilai $r^2=0,40$ (untuk metode *Greenshield*) dan $r^2= 0,29$ (untuk metode *Greenberg*). Pada periode III segmen jalan normal metode *Greenshield* diperoleh nilai q maks sebesar 116012,67 skr/jam dan $kj=367,12$ skr/km sedangkan pada segmen jalan penyempitan diperoleh nilai q maks=60574,51 skr/jam dan $kj=128,20$ skr/km. Adapun pada metode *Greenberg* segmen jalan normal diperoleh q maks=57774011,33 skr/jam dan $kj=1710824,35$ skr/km, sedangkan untuk segmen jalan penyempitan nilai q maks=1918324,61 skr/km dan $kj=19267,45$ skr/km. Penyempitan badan jalan terhadap arus , kecepatan dan kerapatan lalu lintas yaitu pada saat volume/arus lalu lintas besar akibat dari penyempitan badan jalan menyebabkan kecepatan lalu lintas rendah dan nilai kerapatan tinggi.

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

ABSTRACT

THE EFFECT OF NARROWING OF THE ROAD BODIES AND TRAFFIC CHARACTERISTICS OF JALAN CEMARA, MEDAN CITY USING THE GREENSHIELDS AND GREENBERG METHODS (STUDI KASUS)

Khairul Afandi
1807210007
Ir. Zurkiyah, M.T

The purpose of this study was to determine the relationship between traffic flow, speed and density due to road narrowing, to determine the maximum flow and density values on normal roads and roads that experienced road narrowing and to determine the effect of road narrowing related to flow, speed and density traffic. To determine these values, two approaches were used, namely the Greenshields method and the Greenberg method. On normal road conditions the traffic density is smaller than when the road conditions are narrow, and conversely the speed on normal road conditions is greater than on narrow road conditions, this is due to differences in the geometric conditions of the road which experience a reduction in the width of the road. From the results of data analysis calculations performed on both methods, the regression value for the coefficient of determination (period III) in the narrow road segment for the Greenshields method $r^2 = 0.98$ and the Greenberg method $r^2 = 0.44$ while for the normal road segment obtained the value of $r^2 = 0.40$ (for the Greenshield method) and $r^2 = 0.29$ (for the Greenberg method). In period III the normal road segment with the Greenshield method obtained a max value of 116012.67 skr/hour and $kj = 367.12$ skr/km while in the narrowed road segment the q max value = 60574.51 skr/hour and $kj = 128.20$ cur/km. As for the Greenberg method, the normal road segment obtained q max = 57774011.33 skr/hour and $kj = 1710824.35$ skr/km, while for the narrowed road segment the value of q max = 1918324.61 skr/km and $kj = 19267.45$ skr/ km. The narrowing of the road to the flow, speed and density of traffic, namely when the volume/traffic flow is large as a result of the narrowing of the road causing low traffic speed and high density values.

Keywords: Road narrowing, 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 “Pengaruh Penyempitan Badan Jalan Dan Karakteristik Lalulintas Diruas Jalan Cemara Kota Medan Dengan Menggunakan Metode *Greenshields* Dan *Greenberg* (Studi Kasus)” 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. Zurkiyah, M.T, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Irma Dewi, ST.,M.Si, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan member saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing II dan sekaligus ketua Program studi teknik sipil yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Rizki Efrida, ST, M.T., selaku sekretaris Program studi teknik sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Orang tua penulis: Bapak Sumardi, dan Ibu Halimatus Sakdiah, terima kasih untuk semua dukungan serta kasih sayang dan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya, dan telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Keluarga penulis: Nur Faridah, Nurul Aida, Rusdianto.
10. Rekan-rekan Grug gg dan Kontrakan Mimi: Hilda Nisti Zandrato, Pandu, M.Alfarizi, Candy, Fanny, Zai, Randi, Andre, Eka dan Misbahul.
11. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama, kelas A1 Pagi beserta seluruh mahasiswa/i Teknik Sipil stambuk 2018 yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

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, 21 September 2022

Khairul Afandi

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Umum	5
2.1.1. Pengertian Jalan	5
2.2. Karakteristik Arus Lalulintas	5
2.2.1. Parameter Yang Berhubungan Dengan Arus Lalulintas	6
2.2.2. Pengelompokan Jenis Kendaraan	7
2.2.3. Faktor Konversi Kendaraan	8
2.3. Kategori-Kategori Arus Lalulintas	9
2.4. Hubungan Arus, Kecepatan dan Kerapatan	11
2.4.1. Hubungan Antara Arus (q) dan kecepatan (v)	11
2.4.2. Hubungan Antara Kecepatan (v) dan Kerapatan (K)	12

2.5. Model Hubungan Arus (q), Kecepatan (V) dan Kerapatan (K) Arus Lalulintas	12
2.5.1. Model Linear <i>Greenshild</i>	12
2.5.2. Model <i>Greenberg</i>	14
2.6. Pengujian Statistik	16
2.6.1. Analisis Regresi	16
2.6.2. Analisa Korelasi	17
2.6.3. Uji Signifikasi	17
2.7. Perhitungan Volume, Kecepatan dan Kerapatan	18
2.8. Penyempitan Jalan	18
BAB 3 METODE PENELITIAN	20
3.1. Bagan Alir Penelitian	20
3.2. Penentuan Lokasi penelitian	21
3.3. Survei Pendahuluan	21
3.4. Metode pengambilan Data	22
3.4.1. Alat Pengumpulan Data	22
3.4.2. Jenis dan banyaknya Data	22
3.5. Metode Teknik Pelaksanaan Pengambilan Data Lapangan	23
3.5.1. Metode Pengambilan Data Arus/Volume (<i>Flow</i>) Kendaraan	23
3.5.1.1. Data Hasil Survei Lapangan	23
3.5.2. Metode Pengambilan Data Kecepatan Kendaraan	37
3.5.3. Metode Pengolahan Data	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Perhitungan Volume, Kecepatan Rata-Rata Ruang dan Kerapatan	39
4.1.1. Perhitungan Volume Kendaraan	39
4.2. Data Kecepatan Kendaraan	41
4.2.1. Perhitungan Kecepatan Rata-Rata Ruang Kendaraan	42
4.2.2. Menghitung Kerapatan Lalulintas	46
4.3. Hubungan Antara Volume, kecepatan dan Kerapatan	47
4.3.1. Persamaan Regresi Linier	47
4.3.2. Nilai Arus Maksimum (q_{maks})	50

4.3.3. Pengujian Statistik	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1. Kesimpulan	70
5.2. Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang Untuk Jalan Perkotaan Tidak Terbagi (PKJI 2014)	8
Tabel 2.2. Rekomendasi Panjang Penggal Jalan untuk Studi Kecepatan Setempat (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990)	9
Tabel 3.1. Data Volume Lalulintas Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022	24
Tabel 3.2. Data Waktu Tempuh Kendaraan Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Normal)	25
Tabel 3.3. Data Waktu Tempuh Kendaraan Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Penyempitan)	31
Tabel 4.1. Volume Lalulintas Pada Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Normal)	39
Tabel 4.2. Volume Lalulintas Pada Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Penyempitan)	40
Tabel 4.3. Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Dijalan Cemara (Segmen Jalan Normal)	41
Tabel 4.4. Hasil Survei Waktu Tempuh Kendaraan Dijalan Cemara (Segmen Jalan Penyempitan)	42
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Kecepatan Setempat dan Kecepatan Rata-Rata Ruang Pada Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Normal)	44
Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Kecepatan Setempat dan Kecepatan Rata-Rata Ruang Pada Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Penyempitan)	45
Tabel 4.7. Perhitungan Kerapatan Lalulintas Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Normal)	46
Tabel 4.8. Perhitungan Kerapatan Lalulintas Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Penyempitan)	47
Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Regresi Linear Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Normal)	57
Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Regresi Linear Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Normal)	58
Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Regresi Linear Masing-Masing Model Pada Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Normal)	60
Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Regresi Linear Masing-Masing Model Pada Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Penyempitan)	60

Tabel 4.13. Persamaan Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kerapatan Pada Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Normal)	61
Tabel 4.14. Persamaan Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kerapatan Pada Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Penyempitan)	62
Tabel 4.15. Hasil Nilai q_{maks} , U_f dan K_j Masing-Masing Model Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Normal)	63
Tabel 4.16. Hasil Nilai q_{maks} , U_f dan K_j Masing-Masing Model Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Penyempitan)	63
Tabel 4.17. Hasil Perhitungan Regresi Linear dan Uji Statistik Pada Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Normal)	63
Tabel 4.18. Hasil Perhitungan Regresi Linear dan Uji Statistik Pada Hari Rabu Tanggal 16 Februari 2022 (Segmen Jalan Penyempitan)	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kerapatan	10
Gambar 2.2. Hubungan Antara Arus (q) dan Kecepatan (v)	11
Gambar 2.3. Hubungan Antara Kecepatan (V_s) dan Kerapatan	12
Gambar 3.1. Peta Jalan Cemara Kota Medan	22
Gambar 4.1: Grafik hubungan antara volume (q) dan kecepatan (U_s) menurut metode greenshield periode III (Jalan Normal)	65
Gambar 4.2: Grafik hubungan antara volume (q) dan kecepatan (U_s) menurut metode Greenberg periode III (Jalan Normal)	65
Gambar 4.3: Grafik hubungan antara kecepatan (U_s) dan Kerapatan (k) menurut metode greenshield periode III (Jalan Normal)	66
Gambar 4.4: Grafik hubungan antara Kecepatan (U_s) dan kerapatan (k) menurut metode Greenberg periode III (Jalan Normal)	66
Gambar 4.5: Grafik hubungan antara volume (q) dan Kerapatan (k) menurut metode greenshield periode III (Jalan Normal)	67
Gambar 4.6: Grafik hubungan antara volume (q) dan Kerapatan (k) menurut metode Greenberg periode III (Jalan Normal)	67
Gambar 4.7: Grafik hubungan antara volume (q) dan kecepatan (U_s) menurut metode greenshield periode III (pada segmen penyempitan jalan)	68
Gambar 4.8: Grafik hubungan antara volume (q) dan kecepatan (U_s) menurut metode Greenberg periode III (pada segmen penyempitan jalan)	68
Gambar 4.9: Grafik hubungan antara kecepatan (U_s) dan Kerapatan (k) menurut metode greenshield periode III (pada segmen penyempitan jalan)	69
Gambar 4.10: Grafik hubungan antara Kecepatan (U_s) dan kerapatan (k) menurut metode Greenberg periode III (pada segmen penyempitan jalan)	69

- Gambar 4.11: Grafik hubungan antara volume (q) dan Kerapatan (k) menurut metode greenshield periode III (pada segmen penyempitan jalan) 70
- Gambar 4.12: Grafik hubungan antara volume (q) dan Kerapatan (k) menurut metode Greenberg periode III (pada segmen penyempitan jalan) 70

DAFTAR NOTASI

q	= Volume	(Kendaraan/jam)
K	= Kerapatan	(Kendaraan/km)
V	= Kecepatan	(Km/jam)
qm	= Kapaitas, arus maksimum	(Kendaraan/jam)
Um	= Kecepatan kritis, kerapatan pada saat mencapai kapasitas	(Km/jam)
Km	= Kerapatan kritis, kerapatan pada saat mencapai kapasitas	(Kend/jam)
Kj	= Kerapatan macet, keadaan untuk semua kendaraan berhenti	(Kend/jam)
Uf	= Kecepatan teoritis untuk lalulintas ketika kerapatannya nol	(Km/jam)
Vs	= Kecepatan rata-rata	
Vf	= Kecepatan pada arus bebas	(<i>Free-flowspeed</i>)
Kj	= Kerapatan pada saat macet	(<i>Jam density</i>)
K	= Kerapatan rata-rata	
a	= Konstanta regresi	
b	= Konstanta regresi	
x	= Variabel bebas	
y	= Variabel tidak bebas	
n	= Jumlah sampel	
t	= Uji t	
bi	= Koefisien regresi	
sbi	= Standart deviasi koefisien regresi	
r	= Koefisien korelasi parsial	
n	= Jumlah pengamatan	
I	= Jumlah variabel	
r ²	= Koefisien determinasi	
n-i	= Derajat kebebasan	
f	= Uji	
Fn	= Jumlah pegamatan	
i	= Jumlah variabel	
u	= Kecepatan	(Km/jam)
x	= Jarak tempuh Kendaraan	(Km)

t	= Waktu tempuh Kendaraan	(jam)
Ut	= Kecepatan rata-rata waktu	(Km/jam)
Us	= Kecepatan rata-rata ruang	(Km)
x	= Jarak tempuh	
ti	= Waktu tempuh kendaraan	
n	= Jumlah kendaraan yang diamati	
$\sum S^2$	= Deviasi standar dari kecepatan setempat	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu elemen transportasi darat yang ditunjukkan untuk memudahkan pergerakan orang dan barang. Penyediaan dan pengelolaan jalan sepenuhnya dilaksanakan oleh pemerintah, sebagai salah satu kewajibannya dalam penyediaan pelayanan publik. Jalan berperan penting dalam mendukung laju perekonomian serta berperan sangat besar dalam kemajuan dan perkembangan suatu daerah. Indonesia sebagai salah satu negara yang berkembang sangat membutuhkan kualitas dan kuantitas jalan dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat untuk melakukan berbagai jenis kegiatan perekonomian baik itu aksesibilitas maupun perpindahan barang dan jasa (Desmi et al., 2019).

Penyempitan jalan merupakan kondisi suatu jalan yang dimana mengalami perbedaan kapasitas jalan sebelum dan sesudah penyempitan, hal ini diakibatkan oleh adanya perubahan arus, kecepatan dan kerapatan (Poluan et al., 2019).

Seperti yang kita ketahui permasalahan lalulintas jalan raya merupakan suatu permasalahan yang sudah tidak asing lagi dalam dunia transportasi terutama didaerah perkotaan. Permasalahan transportasi didaerah perkotaan timbul terutama disebabkan oleh tingginya tingkat urbanisasi dan juga pertumbuhan jumlah kendaraan yang tidak sebanding dengan pertumbuhan sarana transportasi.

Jalan cemara merupakan jalan yaang terletak di Polu Brayen Bengkel Baru Kecamatan Medan Timur yang memiliki 2 bagian jalan yang berbeda, dimana terjadi pengurangan lajur dari 6 lajur 2 arah menyempit menjadi 2 lajur 2 arah. Panjang total jalan Cemara adalah kurang lebih 1,94 km. Dimana jalan ini terbagi menjadi 2 yaitu jalan normal sepanjang 1,3 km yang dimulai dari simpang jalan Gunung Krakatau, dan jalan penyempitan sepanjang 0,64 km.

Melihat kondisi lalulintas diruas jalan Cemara Kota Medan terkait permasalahan kondisi lalulintas tentang masalah penyempitan jalan, jadi penulis tertarik untuk melakukan suatu penelitian dengan judul “Pengaruh Penyempitan Badan Jalan Dan Karakteristik Lalulintas Diruas Jalan Cemara Kota Medan

Dengan Menggunakan Metode *Greenshields* Dan *Greenberg*” dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penyempitan jalan diruas jalan Cemara.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hubungan antara arus, kecepatan dan kerapatan lalu lintas akibat terjadinya penyempitan jalan diruas jalan Cemara Kota Medan
2. Bagaimana mengetahui nilai arus dan kerapatan maksimum pada ruas jalan normal dan ruas jalan yang mengalami penyempitan jalan pada ruas jalan Cemara.
3. Bagaimana pengaruh penyempitan badan jalan yang berkaitan dengan arus, kecepatan dan kerapatan lalu lintas

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Agar pembahasan dan penyusunan skripsi terarah dan tidak menyimpang dari pokok permasalahan, adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Batasan lokasi yang digunakan pada penelitian ini adalah Ruas Jalan Cemara Kota Medan.
2. Analisa hubungan arus (*flow*) dengan kecepatan (*speed*) serta kerapatan (*density*) dengan menggunakan model pendekatan yaitu Model *Greenshields* dengan Model *Greenberg*
3. Perhitungan waktu tempuh kendaraan dilakukan dengan metode kecepatan setempat dengan mengukur waktu perjalanan bergerak
4. Survei hanya dilakukan pada jam-jam puncak yaitu:
 - a. Pagi 06:30 - 08:30 Wib
 - b. Siang 12:00 - 14:00 Wib
 - c. Sore 16:30 - 18:30 Wib
 - d. Untuk memperoleh data dilakukan survei selama 7 hari dimulai dari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jum'at, Sabtu, dan Minggu

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dari penulisan ini yaitu:

1. Mengetahui hubungan antara arus, kecepatan dan kerapatan lalu lintas akibat terjadinya penyempitan jalan di ruas jalan Cemara kota Medan
2. Mengetahui nilai arus dan kerapatan maksimum pada ruas jalan normal dan ruas jalan yang mengalami penyempitan jalan pada ruas jalan Cemara
3. Mengetahui pengaruh penyempitan badan jalan yang berkaitan dengan arus, kecepatan dan kerapatan lalu lintas

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan memiliki beberapa manfaat antara lain sebagai berikut:

1. Diharapkan untuk para instansi agar lebih memperhatikan kondisi jalan di Ruas Jalan Cemara Kota Medan
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan dan pertimbangan bagi peneliti selanjutnya, khususnya untuk mahasiswa teknik sipil mengenai masalah lalu lintas.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini disesuaikan dengan sistematika yang telah ditetapkan sebelumnya agar lebih mudah memahami isinya. Sistematika penulisan ini memuat hal-hal sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

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

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan kerangka teori, pikiran dan hipotesis yang berkaitan dengan topik pembahasan dan studi penelitian.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Secara garis besar bab ini menjelaskan tentang metode analisa yang digunakan dalam penelitian, termasuk menjelaskan masing-masing variabel dan jenis data yang digunakan.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dijelaskan hasil temuan yang menjadin rumusan masalah dalam penelitian yang telah dijawab dengan alat metode analisis yang dipilih.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini memaparkan kembali secara singkat mengenai hasil temuan yang didapatkan dari penelitian, serta bagaimana implikasi temuan tersebut.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

2.1.1. Pengertian jalan

Transportasi darat (jalan raya dan jalan berbasis rel) adalah suatu pergerakan arus manusia, kendaraan dan barang dari satu tempat ke tempat lainnya dengan memanfaatkan jaringan jalan. Jalan adalah bentuk infrastruktur utama yang memiliki peran penting dalam kehidupan dikarenakan dapat membantu pertumbuhan perekonomian disuatu daerah (Fahmi Siddik, 2017)

Menurut Indonesia *Higway Capacity Manual/IHCM Part-II Road*, tingkat kelancaran dan keselamatan lalu lintas tersebut dipengaruhi oleh berapa faktor antara lain: a. kondisi kegiatan penduduk dan pola penggunaan lahan sekitar ruas jalan, b. kondisi persimpangan sepanjang jalan, c. kondisi trase jalan, d. kondisi volume lalu lintas, dan e. kondisi kecepatan kendaraan (Tiara Dewi, Muhammad Amir Masruhim, 2016)

2.2. Karakteristik Arus Lalulintas

Aliran lalu lintas pada suatu ruas jalan raya terdapat tiga variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas, yaitu Pada karakteristik utama arus lalu lintas yang digunakan untuk menjelaskan karakteristik lalu lintas adalah, volume (q), kecepatan (v), dan kepadatan (k) (Poluan et al., 2019)

Menurut (Sholahudin et al., 2019) lalu lintas merupakan interaksi yang unik antara pengemudi, pengendara, dan jalan. Tidak ada arus lalu lintas yang sama bahkan dalam keadaan yang sama. Oleh sebab itu jalan saat ini mempunyai banyak variasi.

2.2.1. Parameter yang berhubungan dengan arus-lalulintas

Menurut (Khisty & Lall, 2003), terdapat 8 variabel atau ukuran dasar yang digunakan untuk menjelaskan arus lalulintas, dan beberapa karakteristik aliran lainnya diturunkan dari variabel-variabel ini. 3 variabel utama adalah kecepatan (v), volume (q) dan Kepadatan (k).

1. volume (q)

Volume adalah total jumlah kendaraan yang melewati titik penelitian atau segmen jalan pada ruas jalan selama interval waktu penelitian, biasa dinyatakan dengan satuan kendaraan/jam atau kendaraan/hari.

arus lalu lintas terdiri dari beberapa jenis volume, yaitu :

- a. Volume Harian (Daily Volumes) Volume harian ini sering digunakan sebagai dasar untuk perencanaan jalan dan observasi umum lalu lintas. Volume harian umumnya tidak dibedakan oleh arah atau lajur, tetapi total untuk keseluruhan fasilitas jalan pada lokasi tertentu.
- b. Volume jam-an (Hourly Volumes) Volume jam-an adalah volume lalu lintas yang terjadi setiap jam pada lokasi tertentu. Volume lalu lintas jam-an yang terjadi bervariasi dalam sehari, terutama pada lalu lintas jalan perkotaan, dimana volume lalu lintas padat (volume maksimum) terjadi pada pagi dan sore hari akibat kesibukan orang pergi dan pulang kerja, dan pada volume lalu lintas padat terjadi volume jam puncak (peak hour) yang umumnya digunakan sebagai dasar dan manajemen lalu lintas.
- c. Volume per sub-jam (Subhourly volumes) Volume per sub jam merupakan volume yang lebih kecil dari volume jam-an yaitu volume yang diperoleh dari waktu yang lebih kecil dari satu jam, biasanya diambil periode 15 menit

2. Kecepatan (v)

Kecepatan adalah sebagai suatu laju pergerakan yang ditandai oleh dengan besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi dengan waktu tempuh. Hobbs, FD (1995: 86) menyatakan bahwa, kecepatan secara umum dibagi:

- a. *Spot speed* kecepatan adalah kendaraan pada waktu yang diukur dari suatu lokasi yang ditentukan

- b. *Running speed* kecepatan adalah rata-rata kendaraan pada suatu jalan raya pada saat kendaraan sedang bergerak dan diperoleh dengan membagi panjang jalan dan kemudian dibagi dengan lama waktu kendaraan bergerak melalui jalan tersebut.
- c. Kecepatan perjalanan kecepatan adalah efektif suatu kendaraan yang melakukan perjalanan antara dua tempat, dan merupakan jarak antara dua tempat dibagi dengan lamanya waktu kendaraan tersebut menyelesaikan perjalanan antara dua tempat tersebut, dengan lamanya waktu tersebut termasuk waktu berhenti yang disebabkan oleh hambatan lalu lintas.

Untuk mengetahui nilai kepadatan lalu lintas diperoleh dari pengolahan data volume dan kecepatan lalu lintas, yaitu dari hasil perbandingan antara nilai volume dengan kecepatan lalu lintas pada waktu pengamatan yang sama. Nilai kepadatan lalu lintas dinyatakan dalam satuan smp/km (Desmi,et al., 2019)

3. Kerapatan (k)

Kerapatan atau density (konsentrasi) didefenisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang tertentu dari lajur atau jalan, dirata-ratakan terhadap waktu. Secara umum, kerapatan digambarkan dalam kendaraan/kilometer.

2.2.2. Pengelompokan jenis kendaraan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga, arus lalulintas yang melalui suatu titik tertentu dengan per satuan waktu. Hal ini dinyatakan dalam kendaraan per jam atau skr/jam, arus lalulintas perkotaan ini dikelompokkan menjadi empat (4) jenis yaitu:

1. Kendaraan Ringan (KR)

Dalam hal ini meliputi kendaraan 2 as beroda 4 dengan jarak as 2,0-3,0 m (termasuk mobil penumpang, mikrobis, *pick-up*, truck kecil klarifikasi Bina Marga)

2. Kendaraan Berat (KB)

Kendaraan ini meliputi kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 m biasanya memiliki roda lebih dari 4 (termasuk bis, truck 2 as, truck 3 as dan truck kombinasi)

3. Sepeda Motor (SM)

Kendaraan ini meliputi kendaraan beroda 2 atau tiga (termasuk sepeda motor dan kendaraan roda tiga)

4. Kendaraan Tidak Bermotor (KTB)

Kendaraan ini meliputi kendaraan yang menggunakan tenaga manusia, hewan dan lain-lain (seperti sepeda, becak sorong, dan kereta kuda)

2.2.3. Faktor konversi kendaraan

Data survei lapangan merupakan jumlah kendaraan dan waktu tempuh kendaraan dari berbagai jenis kendaraan, maka satuan dalam jenis kendaraan harus dinyatakan dalam satuan yang sama. Maka karena itu, dilakukan suatu proses pengubahan satuan atau yang disebut dengan proses pengkonversian menjadi satu satuan yang sama. Satuan yang akan digunakan adalah Satuan Kendaraan Ringan (SKR). Untuk setiap kendaraan tergantung pada tipe jalan dan arus lalu lintas total yang dinyatakan dalam skr/jam. Dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1: Nilai ekivalensi mobil penumpang untuk jalan perkotaan tidak terbagi (PKJI 2014)

Tipe jalan: Jalan satu arah dan jalan terbagi	Arus lalu-lintas Per-lajur (kend/jam)	EKR		
		KB	SM	KR
Dua-lajur satu-arah (2/1) dan Empat-lajur terbagi (4/2D)	0 ≥ 1050	1,3 1,2	0,40 0,25	1
Tiga-lajur Satu-arah (3/1) dan Enam-lajur terbagi (6/2D)	0 ≥ 1100	1,3 1,2	0,40 0,25	1

2.3. Kategori-Kategori Arus Lalu Lintas

Menurut (Khisty & Lall, 2003) arus kendaraan pada fasilitas-fasilitas transportasi secara umum dapat di definisikan menjadi dua kategori yaitu:

1. Arus tak terhenti (*uninterrupted flow*) dapat terjadi pada fasilitas-fasilitas transportasi yang tidak mempunyai elemen elemen tetap, seperti rambu lalu lintas, yang terletak di luar arus lalu lintas, yang mengakibatkan berhentinya arus lalu lintas. Dengan demikian kondisi-kondisi arus lalu lintas adalah hasil dari interaksi antar kendaraan dan antara kendaraan dengan karakteristik karakteristik geometris dari sistem jalan.
2. Arus terhenti (*interrupted flow*) terjadi pada fasilitas transportasi yang mempunyai elemen elemen tetap yang mengakibatkan pemberhentian secara periodik terhadap arus lalu lintas. Elemen elemen semacam ini meliputi rambu lalu lintas, rambu berhenti, dan berbagai rambu pengendali lainnya.

2.4. Hubungan Arus, Kecepatan Dan Kerapatan

Menurut (Saputra & Savitri, 2021) Pada aliran lalu lintas suatu ruas jalan raya terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas, yaitu:

1. Arus (flow), yaitu jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tinjau tertentu pada suatu ruas jalan per satuan waktu tertentu.
2. Kecepatan (speed), yaitu jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada ruas jalan per satuan waktu.
3. Kerapatan (density), yaitu jumlah kendaraan per satuan panjang jalan tertentu.

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)	Penggalan jalan (m)
≤ 40	25
40-65	50
≥ 65	75-100

Variabel-variabel tersebut memiliki hubungan antara satu dengan lainnya. Hubungan antara volume, kecepatan, dan kepadatan dapat digambarkan secara grafis dengan menggunakan persamaan matematis (Saputra & Savitri, 2021)

Hubungan dari ketiga parameter tersebut dapat dilihat dengan persamaan sebagai berikut.

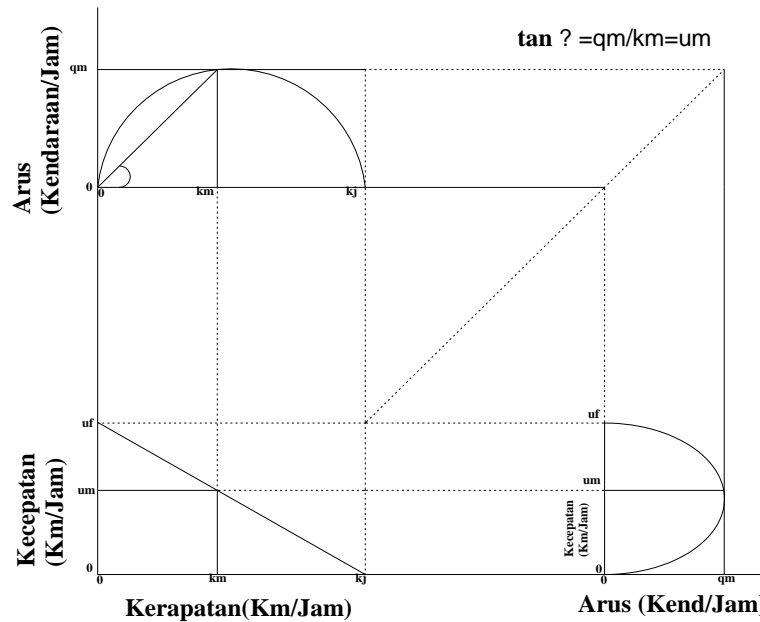
$$q = K \cdot v \quad (2.1)$$

$$K = q/v \quad (2.2)$$

$$v = q/K \quad (2.3)$$

Pada 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.



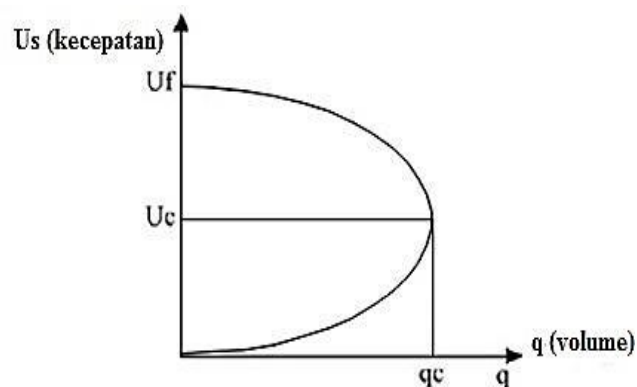
Gambar 2.1: Hubungan antara Volume, Kecepatan, dan Kepadatan

Karakteristik hubungan ketiga parameter utama bagi Lalu-Lintas Kendaraan pada. Gambar 2.1 Menurut Indrajaya (2012) dapat diterangkan sebagai berikut (Saputra & Savitri, 2021)

1. Pada kondisi kepadatan mendekati harga nol, arus lalu lintas juga mendekati harga nol, dengan asumsi seakan-akan tidak terdapat kendaraan bergerak. Sedangkan kecepatannya akan mendekati kecepatan rata-rata pada kondisi arus bebas.
2. Apabila kepadatan naik dari angka nol, maka arus juga naik. Pada suatu kepadatan tertentu akan tercapai suatu titik di mana bertambahnya kepadatan akan membuat arus menjadi turun.
3. Pada kondisi kepadatan mencapai kondisi maksimum atau disebut kepadatan kondisi jam (kepadatan jenuh) kecepatan perjalanan akan mendekati nilai nol, demikian pula arus lalu lintas akan mendekati harga nol karena tidak memungkinkan kendaraan untuk dapat bergerak lagi.
4. Kondisi arus di bawah kapasitas dapat terjadi pada dua kondisi, yakni: a. Pada kecepatan tinggi dan kepadatan rendah (kondisi A). b. Pada kecepatan rendah dan kepadatan tinggi (kondisi B).

2.4.1. Hubungan antara arus (q) dan kecepatan (V)

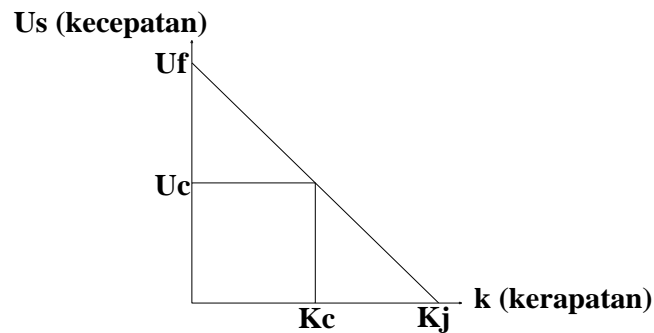
Ketika saat volume lalu lintas terus meningkat mengakibatkan kecepatan akan terus berkurang sampai kepadatan kritis (D_m) dan volume maksimum (V_m) tercapai saat kecepatan (S_m). Kemudian setelah kepadatan kritis tercapai maka kecepatan rata-rata dan volume akan berkurang.



Gambar 2.2: Hubungan antara arus (q) dan kecepatan (V)

2.4.2. Hubungan antara kecepatan (V) dan kerapatan (K)

Kecepatan akan menurun apabila kepadatan lalu lintas bertambah, maka kecepatan arus bebas akan terjadi apabila kepadatan sama dengan nol, dan pada saat kepadatan sama dengan nol, maka akan terjadi kemacetan (jam *density*).



Gambar 2.3: Hubungan antara kecepatan (Vs) dan kerapatan (K)

2.5. Pemodelan Hubungan Arus (Q), Kecepatan (V) Dan Kerapatan (K) Arus Lalu Lintas

2.5.1. Model Linear *Greenshilds*

Model ini merupakan model awal yang tercatat usaha mengamati perilaku arus lalu lintas. Greenshild mengemukakan studi pada jalur jalan luar kota Ohio, pada kondisi arus kendaraan memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas (*steady state condition*). Greenshilds mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kerapatan bersifat linear. Hubungan linear kecepatan dan kerapatan ini menjadi hubungan yang paling populer dalam tinjauan pergerakan arus lalu lintas, mengingat fungsi hubungannya yang paling sederhana sehingga mudah diterapkan. (Suwanto, Imam 2019)

persamaan umum hubungan antara kecepatan dan kerapatan dengan cara regresi linear yaitu (Tamin 2000)

$$Y = a + bX \tag{2.4}$$

Dengan nilai:

$$a = \frac{\sum k^2 \sum Vs - \sum k \sum k.Vs}{n \sum k^2 (\sum k)^2} \quad (2.5)$$

$$b = \frac{n \sum k.Vs - \sum k \sum Vs}{n \sum k^2 - (\sum k)^2} \quad (2.6)$$

Dengan didapatkan persamaan diatas maka hubungan antara kecepatan dan kerapatan dapat dirumuskan

1. Hubungan kecepatan dan kerapatan

Pada garis persamaan ini akan memotong kecepatan pada U_f dan memotong absis kerapatan pada K_j , oleh karena itu persamaan yang diperoleh antara lain yaitu.

$$Vs = Vf - (Vf / Kj)K \quad (2.7)$$

2. Hubungan arus dan kerapatan

Hubungan matematis antara arus dan kerapatan dapat diturunkan dengan Persamaan dasar yaitu (2.1) $q = v_s * K$ dan selanjutnya dengan memasukkan persamaan (2.7) seperti persamaan (2.8).

$$Vs = Vf - \frac{Vf}{Kj} \times \frac{q}{Vs}$$

$$q = \frac{Vf}{Kj * Us}) = Vf - Vs$$

$$q = (Vf - Vs) \left(\frac{Kj * Vs}{Vf} \right)$$

$$q = Kj \times Vs - \frac{Kj}{Vf} Vs^2 \quad (2.8)$$

Kerapatan akhirnya menghasilkan persamaan parabola untuk hubungan antara volume dan kecepatan. Untuk mendapatkan persamaan hubungan antara volume dan kerapatan, maka nilai $Vs = q/k$ di substitusikan kedalam persamaaan kecepatan dan kerapatan, sehingga hasil persamaan (2.9) (Tamin 2000).

$$dq = Vf - 2k \left(\frac{Vf}{kj} \right) k$$

$$\frac{dq}{dk} = Vf \cdot k - \left(\frac{Vf}{kj} \right) k^2 = 0$$

$$= Vf - 2 \left(\frac{Vf}{kj} \right) k$$

$$k = \frac{Vf}{2} \left(\frac{Vf}{kj} \right)$$

$$q = a \cdot k - b \cdot k^2 \tag{2.9}$$

Nilai k dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yaitu (Tamin 2000)

$$qm = Vf \cdot k - \left(\frac{Vf}{kj} \right) k^2$$

$$= Vf \cdot \frac{kj}{2} - \frac{Vf}{kj} \times \left(\frac{kj}{2} \right)^2$$

$$= \frac{Vf \times k}{2} - \frac{Vf \times kj^2}{4kj}$$

$$= \frac{Vf \cdot kj}{2} - \frac{Vf \cdot kj}{4}$$

$$qm = \frac{Vf \cdot kj}{4} \tag{2.10}$$

2.5.2. Model *Greenberg*

Greenberg (1959) mengembangkan model untuk melakukan pengukuran kecepatan, arus, dan kerapatan di *lincoln tunnel* (terowongan lincoln) yang menghasilkan sebuah model kecepatan-kerapatan. *Greenberg* merumuskan bahwa hubungan antara \bar{U}_s dan k bukan merupakan hubungan linier, melainkan fungsi eksponensial. Dasar rumusan *Greenberg* adalah sebagai berikut (Khisty & Lall, 2003).

$$k = c \cdot e^{b \cdot ks} \tag{2.11}$$

Dimana c dan b adalah nilai konstan.

Dengan menggunakan asumsi diatas *greenberg* mendapatkan hubungan antara kecepatan dan kerapatan berbentuk logaritma.

$$V_s = V_m \cdot \ln\left(\frac{K_j}{k}\right) \quad (2.12)$$

Untuk mendapatkan nilai konstan V_m dan K_j . Persamaan diatas diubah menjadi persamaan linear

$Y = a + bX$ antara lain:

$$v_s = v_m \cdot \ln\left(\frac{K_j}{k}\right)$$

$$V_s = V_m \cdot (\ln K_j - \ln k)$$

$$V_s = V_m \cdot \ln k_j - V_m \cdot \ln k$$

Dengan memisahkan variabel-variabelnya maka didapat persamaan (2.13)

$$y = V_s$$

$$X = \ln k$$

$$a = V_m \cdot \ln k_j$$

$$b = -V_m$$

Jadi $V_s = a - b \cdot \ln K$ (hubungan antara kecepatan dan kerapatan) (2.13)

Hubungan antara volume dan kecepatan didapat dari substitusi $k = \frac{q}{V_s}$ kedalam persamaan (2.14)

$$\text{Jika } K = 0$$

Maka $V_s = Kf = \text{tak terhingga}$

$$\text{Jika } K_s = 0$$

$$\text{Maka } K = k_j$$

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

$$b \cdot \ln k = 0$$

$$\ln k = a/b$$

$$\text{Jadi } K_j = e^{\left(\frac{a}{b}\right)} \text{ (hubungan antara volume dan kecepatan)} \quad (2.14)$$

Untuk mendapatkan persamaan antara volume dan kerapatan maka untuk nilai $K_s = q/K$ disubstitusikan ke dalam persamaan (2.15) ini.

$$K_s = K_m \cdot \ln \{K_j \mid q/k_s\}$$

$$K_s = K_m \cdot \ln \{K_j \cdot V_m \mid q\}$$

$$= \ln \frac{K_j \cdot K_s}{q} = \{V_s \mid V_m\}$$

$$q = K_j \cdot K_s \cdot e - \{V_s \mid V_m\}$$

$$q = a \cdot k - b \cdot k \cdot \ln k \text{ (Hubungan antara volume dan kerapatan)} \quad (2.15)$$

Maka didapat arus maksimum dalam persamaan

$$q_m = k_j \cdot V_m / e \quad (2.16)$$

2.6. Pengujian Statistik

2.6.1 Analisis regresi

Analisa regresi adalah mempelajari hubungan fungsional antara variabel dalam bentuk persamaan matematik. Variabel-variabel dalam analisis regresi dibedakan atas 2 atas 2 jenis yaitu variabel bebas dan variabel tidak bebas.

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

$$Y = a + bX \quad (2.17)$$

Nilai konstanta a dan b dapat dengan persamaan berikut:

$$a = \frac{\sum k^2 \sum V_s - \sum k \sum k \cdot V_s}{n \sum k^2 (\sum k)^2} \quad (2.18)$$

$$b = \frac{n \sum k.Vs - \sum k \sum Vs}{n \sum k^2 - (\sum k)^2} \quad (2.19)$$

2.6.2. Analisa korelasi

Derajat atau tingkat hubungan antara dua variable diukur dengan Indeks Korelasi, yang disebut sebagai koefisien korelasi dan ditulis dengan simbol R. Apabila nilai koefisien korelasi tersebut dikuadratkan (R^2), maka disebut sebagai koefisien determinasi yang berfungsi untuk melihat sejauh mana ketepatan fungsi regresi.

Nilai koefisien korelasi dapat dihitung dengan memakai rumus pada Pers (2.20)

$$R = \frac{n \sum (XiYi) - (\sum Xi) \sum (Yi)}{\sqrt{(n \sum Xi^2)(n \sum Yi^2) - (\sum Yi)^2}} \quad (2.20)$$

Nilai koefisien korelasi r berkisar dari -1 sampai dengan +1. Nilai negatif menunjukkan suatu korelasi negatif sedangkan nilai positif menunjukkan suatu korelasi positif. Nilai nol menunjukkan bahwa tidak terjadi korelasi antara satu peubah dan peubah lainnya.

2.6.3. Uji 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.

Menurut (Sholahudin & Nurmayadi, 2021) Uji statistik model ini dilakukan untuk mengetahui apakah model yang didapatkan memenuhi persyaratan statistik.

Untuk nilai t dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$T = bi/sbi \text{ atau } T = r \sqrt{\frac{n-i}{\sqrt{1-r^2}}} \quad (2.21)$$

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.

$$F = \frac{r^2/I}{1-r^2(N-I)} \quad (2.22)$$

2.7. 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.

Dengan rumus sebagai berikut.

$$u = x/t$$

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

$$U_t = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x}{t_i}}{n} \quad (2.23)$$

$$U_t = \frac{x.n}{\sum_{i=1}^n t_i} \text{ atau } U_t = \frac{x}{\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}} \quad (2.24)$$

$$U_s = U_t - \left(\frac{\sum t_i^2}{U_t} \right) \quad (2.25)$$

2.8. Penyempitan Badan Jalan

Penyempitan jalan merupakan kondisi suatu jalan yang dimana mengalami perbedaan kapasitas jalan sebelum dan sesudah penyempitan, hal ini diakibatkan

oleh adanya perubahan arus, kecepatan dan kerapatan kendaraan (Poluan, et al., 2019)

Menurut (Palayukan et al., 2021) bagian jalan dengan kondisi kapasitas lalu lintas yang kecil dari bagian masuk disebut penyempitan jalan. Kondisi seperti ini dapat terjadi saat memasuki jembatan, terjadi kecelakaan yang menyebabkan penutupan lajur jalan, terjadi pekerjaan maupun perbaikan jalan atau lainnya. Keadaan seperti ini menyebabkan perubahan kendaraan dari arus bebas (*Uninterrupted Flow*) menjadi terganggu (*Interrupted Flow*) sehingga kecepatan kendaraan menurun dan kerapatan antar kendaraan.

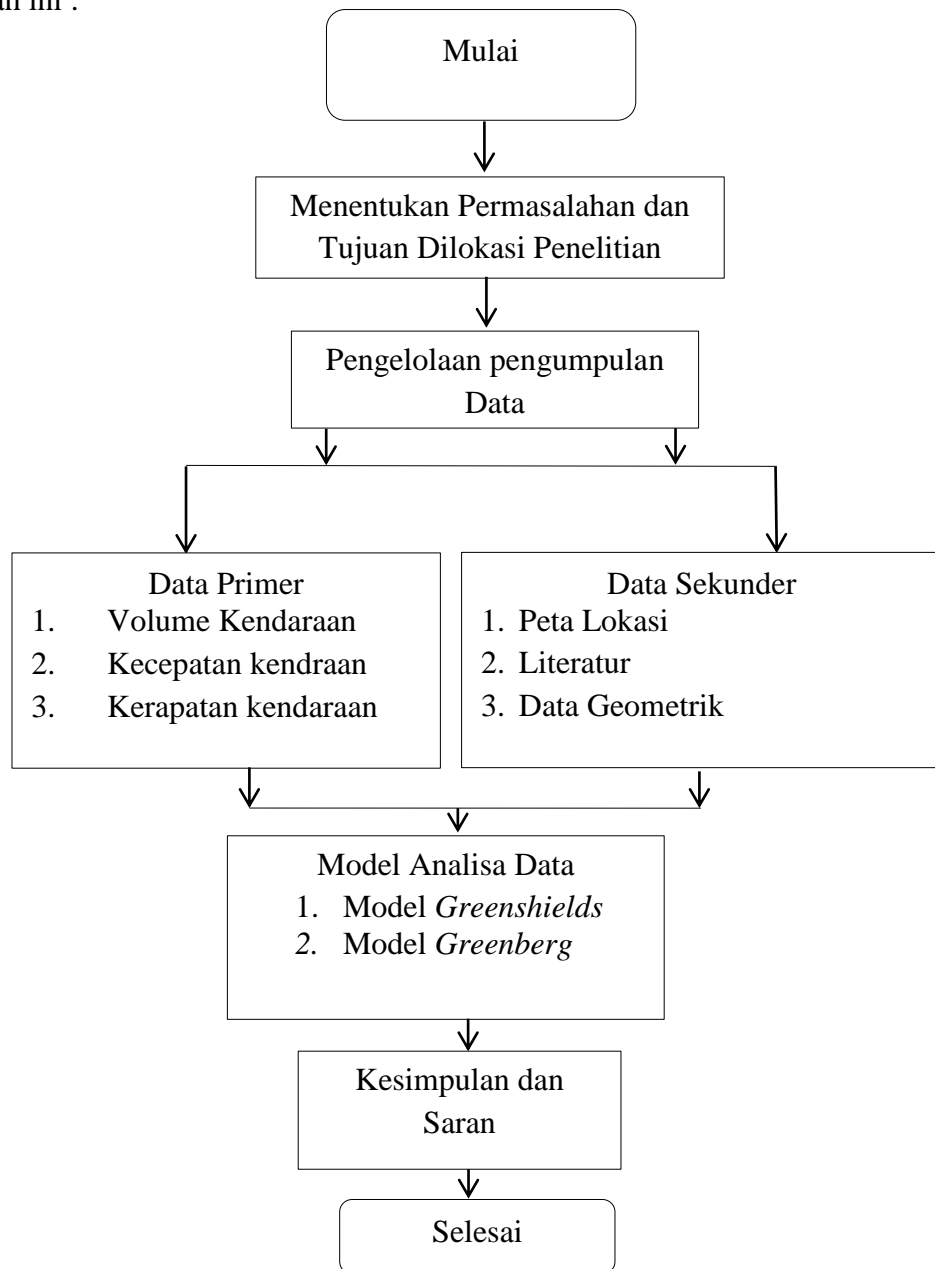
Menurut (Perliyansa, et al., 2019) Penyempitan jalan adalah suatu bagian jalan dengan kondisi kapasitas lalu lintas sesudahnya (*down stream*) lebih kecil dari bagian masuk (*up stream*). Yang menyebabkan perubahan perjalanan kendaraan dari arus bebas menjadi terganggu sehingga terjadi penurunan kecepatan dan bertambahnya kerapatan antar kendaraan.

Menurut (Murniati, et al., 2020) Penyempitan jalan adalah suatu bagian jalan dengan kondisi kapasitas lalu lintas sesudahnya (*Down Stream*) lebih kecil dari bagian masuk (*Up Stream*). Penyempitan yang terjadi pada suatu ruas jalan dapat mengganggu aktivitas kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan suatu manajemen lalu lintas yang baik pada kondisi penyempitan jalan.

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

Berikut ini merupakan bagan alir penelitian yang ditunjukkan pada gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian

3.2. Penentuan Lokasi Penelitian

Penentuan lokasi penelitian ini terletak di ruas Jalan Cemara Kota Medan, sepanjang 100 M.

Ada beberapa alasan pemilihan Jalan Cemara Kota Medan sebagai lokasi penelitian, ini antara lain yaitu:

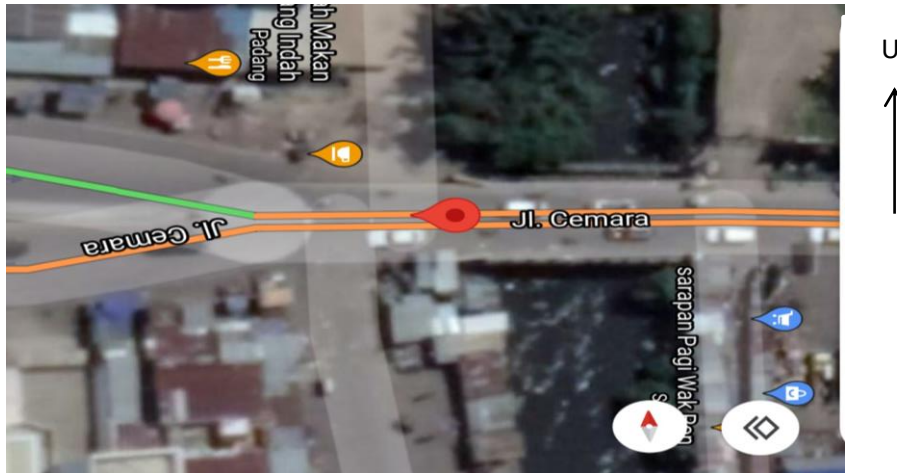
1. Jalan ini merupakan jalan menuju taman cemara, perumahan cemara dan lain-lain.
2. Jalan ini merupakan jalan yang memiliki tingkat kepadatan yang cukup tinggi.
3. Jalan ini merupakan jalan akses untuk menuju kawasan industri pabrik seperti, pabrik plastik, pabrik spring bed, pabrik karet, pabrik es krim, pabrik bedak, pabrik roti, dan lain-lain.

3.3. Survei Pendahuluan

Pada survei pendahuluan ini dilakukan guna untuk mengetahui gambaran umum pada tempat penelitian dan untuk menentukan rumusan dan identifikasi permasalahan.

Kegiatan ini meliputi:

1. Menentukan pilihan metode yang didasarkan pada kemampuan data yang hendak digunakan.
2. Mengamati kondisi di lapangan serta menaksir keadaan yang berkaitan dengan mutu data yang akan diambil, meliputi:
 - a. Lebar lajur
 - b. Jumlah lajur
 - c. Volume lalulintas
 - d. Kecepatan lalulintas
 - e. Keadaan arus lalulintas
 - f. Jenis kendaraan



Gambar 3.1: Peta Lokasi Jalan Cemara Kota Medan

3.4. Metode Pengambilan data

3.4.1. Alat pengumpulan data

Untuk memudahkan dalam pengumpulan data dilapangan maka digunakan beberapa alat dalam membantu kegiatan ini antara lain:

- a. Meteran
- b. *Stop watch*
- c. *Counter*/alat hitung manual
- d. Alat tulis
- e. Camera

3.4.2. Jenis dan banyaknya data

Untuk penelitian ini jenis kendaraan dibedakan menjadi 3 golongan, yaitu kendaraan ringan (Kr), kendaraan berat (Kb), dan sepeda motor (Sm). Sedangkan untuk banyaknya data nantinya sesuai dengan data yang di peroleh di lapangan berupa jumlah masing-masing dari jenis kendaraan dengan periode tertentu dan waktu pengamatan untuk masing-masing ruas yang akan di teliti. Dan untuk waktu tempuh kendaraan, diambil sampel 5 kendaraan untuk setiap jenis kendaraan pada setiap periode. Dimana setiap sampel kendaraan dibutuhkan data waktu tempuh kendaraan nantinya data-data yang diperoleh akan di lakukan pengolahan selanjutnya. Dari data data yang telah diperoleh ini nantinya akan digunakan untuk mengetahui data variabel yang diperlukan yaitu volume,

kecepatan, dan kerapatan yang nantinya akan di analisa di dalam penelitian ini.

3.5. Metode teknik pelaksanaan pengambilan data lapangan

Pengambilan data untuk volume dan kecepatan dilakukan pada dua titik pengamatan, dimana titik pertama terletak pada jalan normal, dan titik kedua pada jalan yang menyempit.

3.5.1. Metode Pengambilan Data Arus/Volume (Flow) Kendaraan

Data volume/arus (*flow*) dapat diambil dengan melakukan survei lapangan. Jenis kendaraan yang disurvei disesuaikan dengan penggolongan jenis kendaraan pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014, yaitu untuk kelompok kendaraan:

1. Kendaraan Ringan (KR) atau kendaraan ringan, adalah kendaraan bermotor dua as beroda 4 dengan jarak as 2-3 m (termasuk mobil penumpang, opelet, microbus, pick-up, dan truck kecil sesuai klasifikasi Bina Marga).
2. Kendaraan Berat (KB) atau kendaraan berat, adalah kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,50 m, biasanya beroda lebih dari 4 (termasuk bis, truk 2 as, truk 3 as dan truk sesuai kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
3. Sepeda Motor (SM) atau sepeda motor, adalah kendaraan bermotor roda dua atau tiga (termasuk sepeda motor dan kendaraan beroda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

3.5.1.1. Data hasil survei lapangan

Berdasarkan hasil pengamatan survei pendahuluan dan pengambilan data di lapangan yang dilakukan pada hari Senin sampai hari Minggu (14-20 Februari 2022), maka diperoleh data volume lalulintas.

Tabel 3.1: Data volume lalu lintas hari Rabu tanggal 16 Februari 2022

No.	Waktu Jam	Jenis Kendaraan		
		KR	KB	SM
1.	06:30-06:45	106	1	491
2.	06:45-07:00	123	10	569
3.	07:00-07:15	85	9	576
4.	07:15-07:30	128	8	574
5.	07:30-07:45	131	11	544
6.	07:45-08:00	118	16	565
7.	08:00-08:15	115	12	555
8.	08:15-08:30	90	20	550
	Pagi	896	87	4424
9.	12:00-12:15	97	27	206
10.	12:15-12:30	107	45	214
11.	12:30-12:45	137	37	225
12.	12:45-13:00	111	30	187
13.	13:00-13:15	102	24	197
14.	13:15-13:30	132	23	197
15.	13:30-13:45	137	40	288
16.	13:45-14:00	123	37	235
	Siang	946	263	1786
17.	16:30-16:45	250	25	696
18.	16:45-17:00	135	42	720
19.	17:00-17:15	130	42	680
20.	17:15-17:30	110	30	590
21.	17:30-17:45	150	35	474
22.	17:45-18:00	388	54	720
23.	18:00-18:15	365	30	870
24.	18:15-18:30	312	20	770
	Sore	1840	278	5520

Tabel 3.2: Data waktu tempuh kendaraan hari rabu tanggal 16 februari 2022
(Segmen Jalan Normal)

No.	Waktu Jam	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)		
		KR	KB	SM
	Pagi			
1.	06:30-06:45	6,06	5,4	5,06
		6,8	6,2	5,05
		7,8	7,4	5
		7,62	7,3	5,04
		7,57	7,2	5,05
	Rata-rata	7,17	6,7	5,04
2.	06:45-07:00	7,49	7,26	5,6
		7,51	7,2	5,6
		7,52	7,34	5,75
		7,54	7,28	5,8
		7,49	7,27	5,75
	Rata-rata	7,51	7,27	5,7
3.	07:00-07:15	6,89	7,33	5,85
		6,99	7,26	6
		7,12	7,29	6,03
		6,84	7,3	5,95
		7,21	7,32	5,82
	Rata-rata	7,01	7,3	5,93
4.	07:15-07:30	7,26	7,78	4,76
		7,31	7,68	5
		7,25	7,83	4,78
		7,34	7,96	4,7
		7,34	7,8	4,51
	Rata-rata	7,3	7,81	4,75

Tabel 3.2: *Lanjutan*

No.	Waktu Jam	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)		
		KR	KB	SM
	Pagi			
5.	07:30-07:45	7,96	7,97	4,7
		8,2	8,2	4,9
		7,94	8,26	4,7
		8,2	8,29	4,8
		8,25	8,18	4,9
	Rata-rata	8,11	8,18	4,8
6.	07:45-08:00	6,92	8,97	4,6
		6,8	8,98	4,71
		6,87	9,1	4,74
		7,15	9,1	4,8
		7,26	9,2	4,8
	Rata-rata	7	9,07	4,73
7.	08:00-08:15	6,99	8,7	5,43
		7,15	8,67	5,02
		6,9	8,9	4,99
		7,76	8,88	5,12
		7,2	8,9	5,34
	Rata-rata	7,2	8,81	5,18
8.	08:15-08:30	6,09	7,89	5,34
		7,1	7,64	4,98
		7,65	7,8	5,12
		7,65	7,56	5,67
		6,01	7,86	5,44
	Rata-rata	6,9	7,75	5,31

Tabel 3.2: *Lanjutan*

No.	Waktu Jam	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)		
		KR	KB	SM
	Siang			
9.	12:00-12:15	5,27	5,88	4,4
		5,21	6,1	4,23
		5,12	5,9	4,23
		5,35	6,13	4,42
		5,1	6,04	4,27
	Rata-rata	5,21	6,01	4,31
10.	12:15-13:30	5,76	6,09	4,29
		5,42	6,01	4,32
		4,99	5,78	4,29
		5,01	5,67	4,33
		5,67	5,85	4,12
	Rata-rata	5,37	5,88	4,27
11.	12:30-12:45	5,78	6,43	4,12
		5,34	6,51	4,18
		5,76	6,21	4,38
		5,82	6,23	4,24
		5,65	6,12	4,18
	Rata-rata	5,67	6,3	4,22
12.	12:45-13:00	5,12	6,12	4,34
		5,49	6,4	4,56
		5,13	6,55	4,48
		5,45	6,98	4,4
		5,31	6,3	4,27
	Rata-rata	5,3	6,47	4,41

Tabel 3.2: *Lanjutan*

No.	Waktu Jam	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)		
		KR	KB	SM
	Siang			
13.	13:00-13:15	5	5,78	4,18
		5,12	5,67	4,2
		4,77	5,9	4,23
		4,89	5,88	4,12
		5,12	6,12	4,12
	Rata-rata	4,98	5,87	4,17
14.	13:15-13:30	4,79	5,45	4,37
		4,83	5,67	4,28
		4,77	5,46	4,12
		4,23	5,87	4,4
		4,43	5,8	4,23
	Rata-rata	4,61	5,65	4,28
15.	13:30-13:45	4,99	5,9	4,77
		4,89	6,12	4,75
		4,9	6,34	4,62
		5,12	6,23	4,56
		5,25	6,51	4,9
	Rata-rata	5,03	6,22	4,72
16.	13:45-14:00	5,33	6,67	4,67
		5,22	6,89	4,85
		5,12	6,75	4,56
		5,07	6,77	4,63
		5,31	6,77	4,94
	Rata-rata	5,21	6,77	4,73

Tabel 3.2: *Lanjutan*

No.	Waktu Jam	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)		
		KR	KB	SM
	Sore			
17.	16:30-16:45	8,57	8,63	5,95
		8,09	8,16	5,73
		8,31	8,51	5,83
		7,43	7,52	5,63
		7,6	7,78	5,91
	Rata-rata	8	8,12	5,81
18.	16:45-17:00	7,88	8,21	5,89
		7,65	8,01	6,12
		7,21	7,89	6,03
		8,89	7,9	6,14
		7,87	8,04	5,87
	Rata-rata	7,9	8,01	6,01
19.	17:00-17:15	12,47	12,93	6,85
		11,67	12,78	6,99
		14,85	12,23	7,01
		11,47	11,9	7,11
		11,09	12,01	7,04
	Rata-rata	12,31	12,37	7
20.	17:15-17:30	11,87	9,18	6,2
		11,56	9,03	6,12
		11,38	8,89	6,36
		12,09	8,99	6,8
		12,1	8,96	6,02
	Rata-rata	11,8	9,01	6,3

Tabel 3.2: *Lanjutan*

No.	Waktu Jam	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)		
		KR	KB	SM
	Sore			
21.	17:30-17:45	10,78	10,9	6,92
		10,29	10,54	7,01
		11,43	10,89	6,8
		11,23	11,01	7,13
		10,12	11,21	7,19
	Rata-rata	10,77	10,91	7,01
22.	17:45-18:00	7,14	8,76	5,9
		7,3	8,57	5,83
		7,43	8,89	5,43
		7,36	8,46	5,49
		7,32	8,67	5,5
	Rata-rata	7,31	8,67	5,63
23.	18:00-18:15	6,23	6,54	5,01
		6,14	6,61	4,82
		6,49	6,71	4,79
		6,4	6,68	4,51
		6,24	6,61	4,37
	Rata-rata	6,3	6,63	4,7
24.	18:15-18:30	6,78	6,9	4,96
		6,82	7,01	5,06
		6,9	7,12	4,9
		6,84	6,9	4,81
		6,71	7,22	4,92
	Rata-rata	6,81	7,03	4,93

Tabel 3.3: Data waktu tempuh kendaraan hari rabu tanggal 16 februari 2022
(Segmen Jalan Penyempitan)

No.	Waktu Jam	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)		
		KR	KB	SM
	Pagi			
1.	06:30-06:45	6,19	9,8	8,3
		7,24	9,7	7,3
		8,28	7,92	5,05
		9,37	6,48	6,8
		6,07	9,7	5,4
	Rata-rata	7,43	8,72	6,57
2.	06:45-07:00	7,2	7,46	6
		8,8	8,24	6,43
		7,5	8,88	8,78
		8,1	8,5	6,09
		7,4	8,27	7,35
	Rata-rata	7,8	8,27	6,93
3.	07:00-07:15	8,15	8,32	6,78
		7,63	8,52	7,19
		8,46	9,11	7,29
		8,11	8,55	7,41
		7,75	8,6	7,08
	Rata-rata	8,02	8,62	7,15
4.	07:15-07:30	8,43	9,87	5,9
		8,7	9,47	7
		8,65	8,95	7,1
		8,23	9,09	6,57
		7,89	9,97	6,33
	Rata-rata	8,38	9,47	6,58

Tabel 3.3: *Lanjutan*

No.	Waktu Jam	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)		
		KR	KB	SM
	Pagi			
5.	07:30-07:45	8,4	9,38	6,15
		8,74	9,89	6,38
		8,65	9,57	6,46
		8,91	9,76	6,83
		7,55	9,45	6,53
	Rata-rata	8,45	9,61	6,47
6.	07:45-08:00	9,01	9,53	6,43
		8,99	9,55	6,35
		8,8	9,84	6,35
		8,7	10,01	6,45
		9	9,67	6,67
	Rata-rata	8,9	9,72	6,45
7.	08:00-08:15	6,98	9,01	6,13
		7,23	9,18	6,15
		7,89	8,9	5,99
		7,83	9,01	6,03
		6,67	9,05	6,1
	Rata-rata	7,32	9,03	6,08
8.	08:15-08:30	6,19	7,34	6,17
		7,2	7,69	6,3
		7,8	7,85	6,34
		7,84	8,21	6,44
		6,07	8,56	6,15
	Rata-rata	7,02	7,93	6,28

Tabel 3.3: *Lanjutan*

No.	Waktu Jam	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)		
		KR	KB	SM
	Siang			
9.	12:00-12:15	6,01	7,41	5,08
		6,21	7,31	5,19
		6,09	7,15	5,21
		5,9	7,23	5,18
		5,84	6,9	5,34
	Rata-rata	6,01	7,2	5,2
10.	12:15-12:30	6,31	6,78	5,29
		6,45	6,67	5,45
		6,24	6,9	5,31
		6,2	6,56	5,47
		6,4	7,09	5,53
	Rata-rata	6,32	6,8	5,41
11.	12:30-12:45	6,45	7,03	5,51
		6,3	6,59	5,67
		6,31	6,77	5,71
		6,45	6,57	5,66
		6,49	6,34	5,55
	Rata-rata	6,4	6,66	5,62
12.	12:45-13:00	5,75	6,88	4,99
		5,85	7,15	5,09
		5,47	6,97	5,32
		5,97	6,84	5,01
		5,96	7,21	5,14
	Rata-rata	5,8	7,01	5,11

Tabel 3.3: *Lanjutan*

No.	Waktu Jam	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)		
		KR	KB	SM
	Siang			
13.	13:00-13:15	5,65	6,9	5,01
		5,68	6,95	4,94
		5,71	6,84	4,95
		5,38	6,91	4,86
		5,73	7,05	5,09
	Rata-rata	5,63	6,93	4,97
14.	13:15-13:30	5,49	6,97	5,01
		5,45	7,22	4,9
		5,43	7,54	4,99
		5,28	7,27	5,07
		5,1	7,1	5,18
	Rata-rata	5,35	7,22	5,03
15.	13:30-13:45	5,99	7,11	5,49
		5,86	6,91	5,25
		5,74	7,23	5,21
		6,06	7,19	5,34
		5,85	6,96	5,36
	Rata-rata	5,9	7,08	5,33
16.	13:45-14:00	5,88	7,11	5,1
		5,79	6,94	5,03
		5,65	6,71	4,98
		5,78	7,21	5,27
		5,65	6,98	5,22
	Rata-rata	5,75	6,99	5,12

Tabel 3.3: *Lanjutan*

No.	Waktu Jam	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)		
		KR	KB	SM
	Sore			
17.	16:30-16:45	12,5	12,67	6,1
		22,64	12,76	6,1
		13,46	11,81	6,35
		14,23	11,32	6,08
		14,47	11,89	5,47
	Rata-rata	15,46	12,09	6,02
18.	16:45-17:00	11,84	15,66	9,63
		17,91	10,09	9,07
		11,42	19,33	12,48
		9,33	10,62	11,26
		10,7	11,7	10,26
	Rata-rata	12,24	13,48	10,54
19.	17:00-17:15	25,51	25,93	18,95
		36,15	18,97	18,14
		43,7	25,74	21,06
		36,22	27,66	19,2
		48,62	29,1	18
	Rata-rata	38,04	25,48	19,07
20.	17:15-17:30	55,78	36,02	12,9
		32,37	26,48	11,36
		20,8	29,6	9,45
		27,91	25,8	14,09
		40,04	25,4	15
	Rata-rata	35,38	28,66	12,56

Tabel 3.3: *Lanjutan*

No.	Waktu Jam	Waktu Tempuh Kendaraan (Detik)		
		KR	KB	SM
	Sore			
21.	17:30-17:45	23,28	34,57	15,06
		27,81	28,41	20,09
		23,61	37,52	12,98
		18	26,83	12,45
		24,05	27,27	14,92
	Rata-rata	23,35	30,92	15,1
22.	17:45-18:00	6,24	8,13	6,39
		9,12	9,55	7,98
		13,21	19,75	10,05
		20,34	13,67	14,9
		13,64	16,7	12,28
	Rata-rata	12,51	13,56	10,32
23.	18:00-18:15	12,3	12,04	13,09
		12,23	14,22	12,12
		11,9	15,7	12
		11,87	16,35	14
		12,1	14,54	11,89
	Rata-rata	12,08	14,57	12,62
24.	18:15-18:00	13,88	13,45	12,8
		14,2	12,52	11,64
		14,45	12,12	10,67
		15,09	12,47	8,1
		14,78	13,09	7,89
	Rata-rata	14,48	12,73	10,22

3.5.2. Metode Pengambilan Data Kecepatan Kendaraan

Pengambilan waktu tempuh kendaraan dilapangan dilakukan dengan metode kecepatan setempat dengan mengukur waktu perjalanan bergerak. Metode setempat yang dimaksud untuk mengukur karakteristik kecepatan pada lokasi tertentu pada lalulintas.

1. Pengaturan waktu pelaksanaan

Pada pengambilan data jumlah kendaraan, pencatatan waktu tempuh ini dilakukan jam 06.30 - 08.30 WIB (pagi), jam 12.00 - 14.00 WIB (siang), dan sore jam 16.30 - 18.30 WIB (sore), dengan interval waktu 15 menit selama 7 hari berturut-turut.

2. Tata cara pelaksanaan

Ada beberapa tata cara pengambilan data waktu tempuh kendaraan yang nantinya akan digunakan untuk mendapatkan data kecepatan yaitu antara lain:

- a. Jarak pengambilan data sepanjang 100 M
- b. Untuk menghitung waktu tempuh tiap-tiap kendaraan yang lewat dengan menggunakan stop watch.
- c. Waktu yang sudah didapatkan langsung dicatat pada form yang telah tersedia sesuai dengan *time slice* pengamatan.

3.5.3. Metode Pengolahan data

1. Volume

Dalam pengumpulan data volume dengan kurun waktu atau periode selama 15 menit. Untuk selanjutnya masing masing jenis kendaraan dicatat jumlahnya sesuai dengan jenis kendaraan di lembar form. Dari hasil pencatatan masing masing kendaraan tersebut dapat diketahui jumlah total keseluruhan dari kendaraan tersebut. Untuk selanjutnya disesuaikan dengan faktor kondisi (ekr) terhadap kendaraan mobil penumpang (kendaraan ringan), jumlah masing masing kendaraan tersebut kemudian di konversikan ke dalam satuan mobil penumpang (skr) yang di kelompokkan dalam jumlah total semua kendaraan dalam smp dan jumlah total kendaraan bermotor dalam smp.

Perhitungan dilakukan secara terus menerus untuk semua data yang masuk pada keseluruhan jam pengamatan, sehingga didapat susunan data volume

kendaraan pada setiap interval waktu.

2. Kecepatan dan kecepatan rata rata

Perhitungan kecepatan dan kecepatan rata rata ini sama dengan cara memperoleh data dari volume dimana nilai dari waktu tempuh dari masing masing kendaraan telah diperoleh, maka kemudian dihitung kecepatan dari masing masing kendaraan dengan rumus kecepatan adalah jarak tempuh dibagi dengan waktu tempuh kendaraan. Setelah semua kecepatan kendaraan di peroleh hasilnya kemudian menghitung kecepatan rata rata.

3. Kerapatan lalu lintas

Setelah volume dan kecepatan rata rata kendaraan diperoleh kemudian menghitung kerapatan lalu lintas. Dimana nilai kerapatan ini diperoleh dengan membagi nilai volume kendaraan (dalam skr/jam) dengan kecepatan rata rata (satuan km/jam). Maka nilai kerapatan lalu lintas ini satuannya adalah smp/km. ketiga variabel ini (volume/q, kecepatan rata rata ruang/Us, dan kerapatan lalu lintas/k) nantinya akan digunakan untuk menganalisa model pendekatan yang digunakan dalam analisa hubungan volume, kecepatan dan kerapatan.

4. Hubungan antara 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 koefisian determinasi (R^2) serta uji signifikasi 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.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

4.1.1. Perhitungan Volume Kendaraan

Data lapangan yang telah diperoleh pada tiap-tiap jenis kendaraan (Tabel 3.1) selanjutnya dihitung banyaknya untuk setiap priode pengamatan, perhitungan jumlah kendaraan tersebut dilakukan sampai seluruh priode pengamatan selesai. Langkah berikutnya adalah 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 jalur dalam satu jam diantara 06:30-07:30 Kendaraan/jam. Sehingga faktor konversi yang dipilih adalah ($KR = 1$), ($KB = 1,2$), ($SM = 0,25$) untuk masing-masing arah. Kemudian dari data dalam skr tersebut dapat dihitung besar volume kendaraan yang lewat dalam skr/jam untuk masing-masing arah yang dilakukan dalam kelompok pengamatan 15 menit. Untuk interval waktu 1 jam.

Sebagai contoh perhitungan diambil data dari arah jalan normal menuju jalan penyempitan, untuk interval 1 jam didapat data dari lapangan Tabel 3.1 priode (06:30-07:30)

$$KR = 442$$

$$KB = 28$$

$$SM = 2210$$

Maka didapat nilai volume kendaraan dalam Skr/jam

$$KR = 442 \times 1 = 442 \text{ Skr/jam}$$

$$KB = 28 \times 1,2 = 33,6 \text{ Skr/jam}$$

$$SM = 2210 \times 0,25 = 552,5 \text{ Skr/jam}$$

Tabel 4.1: Volume lalu lintas pada hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Segmen Jalan Normal)

No.	Waktu Jam	KR		KB		SM		Total Kendaraan	
		Ekr= 1		Ekr= 1,2		Ekr= 0,25		Kend/jam	Skr/jam
		Kend/jam	Skr/jam	Kend/jam	Skr/jam	Kend/jam	Skr/jam		
1.	06:30-07:30	442	442	28	33,6	2210	552,5	2670	1028
2.	07:30-08:30	454	454	59	70,8	2214	553,5	2767	1079
	Pagi								
3.	12:00-03:00	452	452	139	115,83	832	208	1423	776
4.	13:00-14:00	494	494	124	103,33	954	238	1572	835
	Siang								
5.	16:30-17:30	625	625	139	115,83	2686	672	3450	1413
6.	17:30-18:30	1215	1215	139	115,83	2834	709	4188	2040
	Sore								

Tabel 4.2: Volume lalulintas pada hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Segmen Jalan Penyempitan)

No.	Waktu Jam	KR		KB		SM		Total Kendaraan	
		Ekr= 1		Ekr= 1,2		Ekr= 0,35		Kend/jam	Skr/jam
		Kend/jam	Skr/jam	Kend/jam	Skr/jam	Kend/jam	Skr/jam		
1.	06:30-07:30	442	442	28	33,6	2210	773,5	2670	1250
2.	07:30-08:30	454	454	59	70,8	2214	774,9	2744	1300
	Pagi								
3.	12:00-03:00	452	452	139	115,83	832	291,2	1423	859
4.	13:00-14:00	494	494	124	103,33	954	333,9	1572	931
	Siang								
5.	16:30-17:30	625	625	139	115,83	2686	940,1	3450	1681
6.	17:30-18:30	1215	1215	139	115,83	2834	991,9	4188	2322
	Sore								

4.2. Data Kecepatan Kendaraan

Pengambilan data kecepatan dilakukan dengan menggunakan metode survei di lapangan seperti pengambilan data volume, dengan jenis kendaraan meliputi kendaraan ringan (KR), atau kendaraan berat (KB), dan sepeda motor (SM), serta semua jumlah dari 3 jenis kendaraan tersebut diambil dan dihitung kecepatannya.

Dilapangan data kecepatan kendaraan yang diambil adalah waktu tempuh kendaraan pada penggal ruas jalan sepanjang 50 meter, dalam satuan detik. Penentuan waktu tempuh dicatat dalam kertas format survei.

Kemudian data tersebut diolah dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Waktu tempuh untuk setiap jenis kendaraan dijumlah dan diambil rata-ratanya dalam waktu 1 jam.
2. Perhitungan kecepatan adalah jarak dibagi rata-rata waktu tempuh, dengan penyesuaian satuan dari meter per detik menjadi kilometer per jam.

Perhitungan data kecepatan ini dipisahkan sesuai dengan jenis kendaraannya, dan untuk analisa kecepatan dipakai kecepatan total semua jenis kendaraan dalam waktu 1 jam.:

Tabel 4.3: Hasil survei waktu tempuh kendaraan dijalan Cemara (Jalan Normal)

No.	Waktu	Rabu tanggal 16 Februari 2022			
		KR	KB	SM	Waktu tempuh rata-rata (Detik)
1.	06:30-07:30	7,25	7,27	5,36	6,62
2.	07:30-08:30	7,07	8,50	5,15	6,92
	Pagi				
3.	12:00-13:00	5,39	6,17	4,30	5,29
4.	13:00-14:00	4,96	6,13	4,48	5,19
	Siang				
5.	16:30-17:30	10	9,38	6,28	8,55
6.	17:30-18:30	7,8	8,31	5,57	7,23
	Sore				

Tabel 4.4: Hasil survei waktu tempuh kendaraan dijalan Cemara (Jalan Penyempitan)

No.	Waktu	Rabu tanggal 16 Februari 2022			
		KR	KB	SM	Waktu tempuh rata-rata (Detik)
1.	06:30-07:30	7,92	8,77	6,81	7,83
2.	07:30-08:30	7,92	9,07	6,32	7,77
	Pagi				
3.	12:00-13:00	6,13	6,92	5,34	6,13
4.	13:00-14:00	5,66	7,06	5,11	5,94
	Siang				
5.	16:30-17:30	25,28	19,93	12,05	19,09
6.	17:30-18:30	15,61	17,95	12,11	15,21
	Sore				

4.2.1. 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 jalan normal menuju penyempitan 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 setiap segmen jalan. 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 di akan dilakukan dalam penelitian ini.

Dari hasil perhitungan diperoleh data (U_t) = 27,19 km/jam dan nilai standar deviasi ($\sum S$) = 1,18. Dengan menggunakan Pers. 2.25 maka diperoleh nilai kecepatan rata-rata ruang sebagai berikut:

$$U_s = U_t - \left(\frac{\sum S^2}{U_t}\right)$$

Tabel 4.5: Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang pada hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Jalan Normal)

No.	Jam	Jarak (M)	Waktu Tempuh (Detik)	Kecepatan (U_t)= (jarak/waktu) \times 3,6 (Km/jam)	U_{t_i}	($U_t - U_{t_i}$)	($U_t - U_{t_i}$) ²	S^2	S	Kecepatan rata-rata ruang
1.	06:30-07:30	50	6,62	27,19	26,60	0,59	0,35	1,39	1,18	27,14
2.	07:30-08:30	50	6,92	26,01	26,60	-0,59	0,35	1,39	1,18	25,96
	Pagi			26,60		1,18				
3.	12:00-13:00	50	5,29	34,03	33,08	0,95	0,90	3,53	1,88	33,92
4.	13:00-14:00	50	5,6	32,14	33,08	-0,94	0,88	3,53	1,88	32,03
	Siang			33,08		1,88				
5.	16:30-17:30	50	9,01	19,97	18,16	1,82	3,30	13,18	3,63	19,32
6.	17:30-18:30	50	11,01	16,35	18,16	-1,81	3,28	13,18	3,63	15,54
	Sore			18,16		3,63				

Tabel 4.6: Hasil perhitungan kecepatan setempat dan kecepatan rata-rata ruang pada hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Jalan Penyempitan)

No.	Jam	Jarak (M)	Waktu Tempuh (Detik)	Kecepatan(U_t)= (jarak/waktu) \times 3,6 (Km/jam)	U_t	($U_t - U_t$)	($U_t - U_t$) ²	S^2	S	Kecepatan rata-rata ruang
1.	06:30-07:30	50	7,55	23,85	23,51	0,34	0,12	0,46	0,68	23,83
2.	07:30-08:30	50	7,77	23,17	23,51	-0,34	0,12	0,45	0,68	23,16
	Pagi		7,66	23,51		0,68				
3.	12:00-13:00	50	5,94	30,30	29,84	0,47	0,22	0,89	0,94	30,28
4.	13:00-14:00	50	6,13	29,37	29,84	-0,47	0,22	0,89	0,94	29,34
	Siang		6,035	29,84		0,94				
5.	16:30-17:30	50	15,3	11,77	10,61	1,16	1,33	5,33	2,31	11,32
6.	17:30-18:30	50	19,03	9,45	10,61	-1,16	1,33	5,33	2,31	8,90
	Sore		17,17	10,61		2,31				

4.3. Menghitung Kerapatan Lalulintas

Setelah diketahui nilai kecepatan ruang (U_s) = 27,14 dan volume (q) = 1175 yang telah dihitung sebelumnya, maka besarnya kerapatan dapat diperoleh dengan menggunakan Pers. 2.3 yaitu:

$$K = q/U_s$$

Tabel 4.7: Perhitungan kerapatan lalu lintas hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Jalan Normal)

No	Waktu	Jalan Normal		
		Volume (q)	Kecepatan(U_s)	Kerapatan (k)
1.	06:30-07:30	1028	27,14	37,87
2.	07:30-08:30	1079	25,96	41,56
	Pagi	2107	53,1	79,44
3.	12:00-13:00	775	33,92	22,85
4.	13:00-14:00	836	32,02	26,11
	Siang	1611	65,94	48,95
5.	16:30-17:30	1413	19	74,37
6.	17:30-18:30	2040	15	136
	Sore	3453	34	210,36

Tabel 4.8: Perhitungan kerapatan lalu lintas hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Jalan penyempitan)

No	Waktu	Jalan Penyempitan		
		Volume (q)	Kecepatan (Us)	Kerapatan (K)
1.	06:30-07:30	1250	23,82	52,48
2.	07:30-08:30	1300	23,15	56,16
	Pagi	2550	46,97	108,64
3.	12:00-13:00	859	30,27	28,38
4.	13:00-14:00	931	29,33	31,74
	Siang	1790	59,6	60,13
5.	16:30-17:30	2322	11,31	205,31
6.	17:30-18:30	1681	8,9	188,87
	Sore	4003	20,21	394,18

4.4. Hubungan Antara Volume, Kecepatan dan Kerapatan

4.4.1. 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 4.9 – 4.10). Selanjutnya hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan dianalisis dengan menggunakan 2 metode yaitu metode *Greenshields* dan *Greenberg*. Perhitungan dilakukan secara regresi linier dengan menggunakan bantuan Microsof Excel 2010. Hitungan yang dianalisis adalah regresi linier antara:

1. Us dengan k untuk metode *Greenshields*
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 segmen penyempitan, periode 3 (pada segmen penyempitan jalan) dapat dilihat dalam Tabel 4.16.

A. Jalan Normal

Data-data yang diambil dari tabel 4.9:

$$\begin{aligned}\sum k &= 210,36 \\ \sum q &= 3453 \\ \sum U_s &= 34 \\ \sum k^2 &= 24026,66 \\ \sum n &= 2 \\ \sum \ln k \cdot U_s &= 311,12 \\ \sum \ln k &= 18,44 \\ \sum (\ln k)^2 &= 170,80 \\ \sum \ln U_s \cdot k &= 587,26 \\ \sum \ln U_s &= 5,65\end{aligned}$$

1. Metode *Greenshields*

a. Mencari nilai a

$$\begin{aligned}a &= \frac{\sum k^2 \sum u_s - \sum k \sum q}{n \sum k^2 - \sum (k)^2} \\ a &= \frac{24026,26 \times 34 - (210,36 \times 3453)}{(2 \times 24026,26) - (210,36)^2} \\ a &= 23,82\end{aligned}$$

b. Mencari nilai b

$$\begin{aligned}b &= \frac{n \sum q - \sum k \sum U_s}{n \sum k^2 - \sum (k)^2} \\ b &= \frac{(2 \times 3453) - (210,36 \times 34)}{(2 \times 24026,26) - (210,36)^2} \\ b &= -0,06\end{aligned}$$

2. Metode *Geernberg*

a. Mencari nilai a

$$\begin{aligned}a &= \frac{\sum \ln k^2 \sum U_s - \sum \ln k \sum \ln k U_s}{n \sum \ln k^2 - (\sum \ln k)^2} \\ a &= \frac{(170,80 \times 34) - (18,44 \times 311,12)}{(2 \times 170,80) - (18,44)^2} \\ a &= 47,55\end{aligned}$$

b. Mencari nilai b

$$b = \frac{n \sum \ln k U_s - \sum \ln k \sum U_s}{n \sum \ln k^2 - (\sum \ln k)^2}$$
$$b = \frac{(2 \times 311,12) - (18,44 \times 34)}{(2 \times 170,80) - (18,44)^2}$$
$$b = -3,31$$

B. Jalan penyempitan

Data-data yang diambil dari tabel 4.10:

$$\begin{aligned}\sum k &= 394,18 \\ \sum q &= 4003 \\ \sum U_s &= 20,21 \\ \sum k^2 &= 77824,46 \\ \sum n &= 2 \\ \sum \ln k \cdot U_s &= 213,73 \\ \sum \ln k &= 21,13 \\ \sum (\ln k)^2 &= 223,27 \\ \sum \ln U_s \cdot k &= 910,89 \\ \sum \ln U_s &= 4,62\end{aligned}$$

1. Metode *Greenshields*

a. Mencari nilai a

$$a = \frac{\sum k^2 \sum u_s - \sum k \sum q}{n \sum k^2 - \sum (k)^2}$$
$$a = \frac{(77824,46 \times 20,21) - (394,18 \times 4003)}{(2 \times 77824,46) - (394,18)^2}$$
$$a = 18,80$$

b. Mencari nilai b

$$b = \frac{n \sum q - \sum k \sum U_s}{n \sum k^2 - \sum (k)^2}$$
$$b = \frac{(2 \times 4003) - (394,1814443 \times 27,25)}{(2 \times 77824,46) - (394,1814443)^2}$$
$$b = -0,14$$

2. Metode *Greenberg*

a. Mencari nilai a

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

$$a = \frac{(223,27 \times 20,21) - (21,13 \times 213,73)}{(2 \times 223,27) - (21,13)^2}$$

$$a = 142,54$$

b. Mencari nilai b

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

$$b = \frac{(2 \times 213,73) - (21,13 \times 20,21)}{(2 \times 223,27) - (21,13)^2}$$

$$b = -14,44$$

Secara lengkap hasil rangkuman regresi linier tersebut, disajikan dalam Tabel 4.9 untuk kondisi jalan normal dan Tabel 4.10 untuk kondisi jalan yang menyempit. Hasil pengolahan dari data regresi linier tersebut akan diperoleh persamaan yang memperlihatkan adanya hubungan antara volume, kecepatan dan kerapatan untuk kedua model yang disebut di atas.

4.4.2 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.

A. Jalan Normal

1. Metode *Greenhields*

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

$$U_s = 23,82 - (-0,06 \ln k$$

$$K_j = 23,82/0,06$$

$$k_j = 367,11 \text{Skr/jam}$$

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

$$\frac{dq}{dk} = 0$$

$$\frac{dq}{dk} = 23,82 - (-0,06)k^2$$

$$\begin{aligned}
&= 23,82 - 2(-0,06)k \\
&= 23,82 - (-0,12)k \\
k &= 23,82/0,12 \\
&= 183,55
\end{aligned}$$

2. Metode Greenberg

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

$$U_s = 47,55 - (-3,31) \ln k$$

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

$$47,55 - (-3,31) \ln k = 0$$

$$(3,31) \ln k = 47,55$$

$$\ln k = \frac{47,55}{3,31}$$

$$k_j = e^{(14,38)}$$

$$= 1710824,35$$

Dari persamaan 2.15 didapat rumus:

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

$$q = 47,55 - (-3,31) \times k \times \ln k$$

$$\text{nilai } k = 0$$

$$dq = 47,55 \times dk - (-3,31) \times (\ln k \times dk + k \times \frac{dk}{k})$$

$$dq = 47,55 \times dk - (-3,31 \times \ln k \times dk - (-3,31) \times k \times \left(\frac{dk}{k}\right))$$

$$dq/dk = 47,55 - (-3,31) \times \ln k - (-3,31)k \times (1/k)$$

$$47,53 - (-3,13) \times \ln k - (-3,31) = 0$$

$$\ln k = \left(\frac{44,22}{3,31}\right)$$

$$\ln k = 13,35$$

$$k = e^{(13,35)}$$

$$= 629787,42 \text{ Skr/km}$$

$$\begin{aligned}
 q \text{ maks} &= 47,55 \times k - 3,31 \times k \times \ln k \\
 &= 47,55 \times (629787,42) - (-3,31 \times (629787,42) \times \ln (629787,42)) \\
 &= 57774011,33 \text{ Skr/jam}
 \end{aligned}$$

B. Segmen jalan penyempitan

1. Metode *Greenshields*

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

$$U_s = 18,80 - (-0,14) \times K$$

$$kj = 18,80/0,14$$

$$kj = 128,20 \text{ Skr/jam}$$

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

$$dq/dk = 0$$

$$dq/dk = 18,80 - (-0,14) k^2$$

$$dq/dk = 18,80 - 2(-0,14)k$$

$$= 18,80k - (-0,28)k$$

$$k = 18,80/0,28$$

$$= 64,10 \text{ Skr/Jam}$$

$$\text{Jadi } q \text{ maks} = 18,80k - 0,14k^2$$

$$= 18,80 \times 64,20 - (-0,14) \times 64,0^2$$

$$= 60574,51 \text{ Skr/jam}$$

2. Metode *Greenberg*

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

$$U_s = 142,54 - (-14,47) \ln k$$

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

$$142,54 - (-14,47) \ln k = 0$$

$$(14,47) \ln k = 142,54$$

$$\ln k = 142,54/14,47$$

$$K_j = e^{(9,86)}$$

$$= 19267,45 \text{ Skr/Km}$$

Dari persamaan didapat rumus:

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

$$q = 142,54 - (-14,47) \times k \times \ln k$$

$$\text{nilai } k = 0$$

$$dq = 142,54 \times dk - (-14,47) \times (\ln k \times dk + k \times \frac{dk}{k})$$

$$dq = 142,54 \times dk - (-14,47 \times \ln k \times dk - (-14,47) k \times \left(\frac{dk}{k}\right))$$

$$dq/dk = 142,54 - (-14,47) \times \ln k - (-14,47) k \times (1/k)$$

$$142,54 - (-14,47) \times \ln k - (-14,47) = 0$$

$$-14,47 \times \ln k = -14,47 + 142,54$$

$$\ln k = (128,09/14,47)$$

$$\ln k = (8,86)$$

$$k = e^{(8,86)}$$

$$= 7088,10 \text{ Skr/km}$$

$$q_{maks} = 142,54 \times k - 14,47 \times k \times \ln k$$

$$= 142,54 \times (7088,10) - (-14,47 \times (7088,10) \times \ln (7088,10))$$

$$= 1918324,619 \text{ Skr/jam}$$

Selengkapnya nilai q_{maks} dapat dilihat pada Tabel 4.15 untuk segmen jalan normal lihat Tabel 4.16 untuk untuk segmen jalan yang menyempit.

4.4.3. 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 *Greenshields* dan *Greenberg* pada segmen jalan normal dan penyempitan jalan Periode 3 (16.30 - 18.30 WIB).

A. Jalan Normal

1. Model *Greenshields*

$$\begin{aligned}\sum k &= 210,36 \\ \sum q &= 3453 \\ \sum U_s &= 34 \\ \sum k^2 &= 24026,66 \\ \sum n &= 2 \\ \sum U_s^2 &= 586\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R &= \frac{n \sum q - \sum k \sum U_s}{\sqrt{[(n \sum k^2 - (\sum k)^2) \{n \sum U_s^2 - (\sum U_s)^2\}]}} \\ R &= \frac{(2 \times 3453) - (210,36 \times 34)}{\sqrt{[(2 \times 24026,66) - (210,36)^2] \{2 \times 586 - (34)^2\}}} \\ R &= 0,64 \\ R^2 &= 0,41\end{aligned}$$

Uji T

$$\begin{aligned}T &= R \sqrt{\frac{n-i}{1-R^2}} \\ T &= 0,64 \sqrt{\frac{2-1}{1-0,41}} \\ &= 0,83\end{aligned}$$

Uji F

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

$$F = \frac{0,41/1}{(1-0,41)/(2-1)}$$

$$= 0,69$$

2. Metode *Greenberg*

$$\sum \ln k \text{ Us} = 311,12$$

$$\sum \ln k = 18,44$$

$$\sum \text{Us} = 34$$

$$\sum \ln k^2 = 170,80$$

$$\sum \text{Us}^2 = 586$$

$$N = 2$$

$$R = \frac{n \sum \ln k \text{ Us} - \sum \ln k \sum \text{Us}}{\sqrt{[n \sum \ln k^2 - (\sum \ln k)^2][n \sum \text{Us}^2 - (\sum \text{Us})^2]}}$$

$$R = \frac{(2 \times 311,08) - (18,45 \times 34)}{\sqrt{[2 \times 170,76 - (18,45)^2][2 \times 586 - (34)^2]}}$$

$$R = 0,54$$

$$R^2 = 0,29$$

Uji T

$$T = R \sqrt{\frac{n-i}{1-R^2}}$$

$$T = 0,54 \sqrt{\frac{2-1}{1-0,29}}$$

$$= 0,64$$

Uji F

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

$$F = \frac{0,29/1}{(1-0,29)/(2-1)}$$

$$= 0,41$$

B. Jalan Penyempitan

1. Model *Greenhields*

$$\begin{aligned}\sum k &= 394,18 \\ \sum q &= 4003 \\ \sum U_s &= 20,21 \\ \sum k^2 &= 77824,46 \\ \sum n &= 2 \\ \sum U_s^2 &= 207,12\end{aligned}$$

$$R = \frac{n \sum q - \sum k \sum U_s}{\sqrt{[(n \sum k^2 - (\sum k)^2)\{n \sum U_s^2 - (\sum U_s)^2\}]}}$$

$$R = \frac{(2 \times 4003) - (394,18 \times 20,21)}{\sqrt{[(2 \times 77824,46) - (394,18^2)\{(2 \times 207,12) - (20,21^2)\}]}}$$

$$R = 0,99$$

$$R^2 = 0,98$$

Uji T

$$T = R \sqrt{\frac{n-i}{1-R^2}}$$

$$T = 0,99 \sqrt{\frac{2-1}{1-0,98}} = 7,01$$

Uji F

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

$$F = \frac{0,98/1}{(1-0,98)/(2-1)}$$

$$= 49,01$$

2. Model *Greenberg*

$$\begin{aligned}\sum \ln k U_s &= 213,73 \\ \sum \ln k &= 21,13 \\ \sum U_s &= 20,21 \\ \sum \ln k^2 &= 223,27\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum Us^2 &= 207,12 \\ \sum k^2 &= 77824,46\end{aligned}$$

$$R = \frac{n \sum \ln k Us - \sum \ln k \sum Us}{\sqrt{[(n \sum \ln k^2 - (\sum \ln k)^2)\{n \sum Us^2 - (\sum Us)^2\}]}}$$

$$R = \frac{(2 \times 213,73) - (21,13 \times 20,21)}{\sqrt{[(2 \times 223,27) - (21,13)^2]\{(2 \times 207,12) - (20,21^2)\}}}$$

$$R = 0,67$$

$$R^2 = 0,45$$

Uji T

$$T = R \sqrt{\frac{n-i}{l-R^2}}$$

$$T = 0,67 \sqrt{\frac{2-1}{1-0,45}}$$

$$= 0,90$$

Uji F

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

$$F = \frac{0,45/1}{(1-0,45)/(2-1)}$$

$$= 1,77$$

Tabel 4.9: Hasil perhitungan regresi linear hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Jalan Normal)

No.	Waktu	Jalan Normal										
		Volume (q)	Kecepatan (Us)	Kerapatan (K)	K ²	In K	(In k) ²	Us ²	In k.Us	In Us	In Us. K	(In Us) ²
1.	06:30-07:30	1028	27,14	37,88	1434,72	7,27	52,83	736,58	197,27	3,31	125,04	10,90
2.	07:30-08:30	1079	25,96	41,56	1727,56	7,46	55,57	673,92	193,52	3,26	135,35	10,61
	Pagi	2107	53,1	79,44	3162,28	14,73	108,40	1410,50	390,79	6,56	260,39	21,51
3.	12:00-13:00	775	33,92	22,85	522,02	6,26	39,15	1150,57	212,27	3,53	80,51	10,90
4.	13:00-14:00	836	32,02	26,11	681,66	6,56	42,57	1025,28	208,91	3,47	90,50	12,02
	Siang	1611	65,94	48,96	1203,68	12,78	81,72	2175,85	421,18	7	171,01	22,92
5.	16:30-17:30	1413	19	74,37	5530,66	8,61	74,27	361	163,74	2,95	218,97	8,67
6.	17:30-18:30	2040	15	136	18496	9,83	96,53	225	147,38	2,71	368,29	7,34
	Sore	3453	34	210,36	24026,66	18,44	170,80	586	311,12	5,66	587,26	16,01

Tabel 4.10: Hasil perhitungan regresi linear hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Jalan Penyempitan)

No.	Waktu	Jalan Penyempitan										
		Volume (q)	Kecepatan (Us)	Kerapatan (K)	K ²	ln K	(ln k) ²	Us ²	ln k.U _s	ln U _s	ln U _s . K	(ln U _s) ²
1.	06:30-07:30	1250	23,82	52,48	2753,82	7,92	62,73	567,39	188,67	3,17	166,37	10,05
2.	07:30-08:30	1300	23,15	56,15	3153,44	8,05	64,90	535,92	186,50	3,14	176,44	9,87
	Pagi	2550	46,97	108,63	5907,26	15,97	127,64	1103,31	375,17	6,31	342,81	19,92
3.	12:00-13:00	859	30,27	28,37	805,30	6,69	44,77	916,27	202,54	3,41	96,77	10,05
4.	13:00-14:00	931	29,33	31,74	1007,57	6,91	47,82	860,24	202,82	3,37	107,24	11,41
	Siang	1790	59,6	60,12	1812,87	13,60	92,59	1776,52	405,36	6,78	204,01	21,46
5.	16:30-17:30	2322	11,31	205,12	42150,16	10,64	113,40	127,91	120,44	2,42	498	5,88
6.	17:30-18:30	1681	8,9	188,87	35674,3	10,48	109,87	79,21	93,29	2,18	412,89	4,78
	Sore	4003	20,21	394,18	77824,46	21,13	223,27	207,12	213,73	4,61	910,89	10,66

Tabel 4.11: Hasil perhitungan regresi linier masing-masing model pada hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Segmen jalan normal)

Waktu pengamatan	Greenshield		Greenberg	
	a	b	a	b
Pagi	39,26	-0,32	73,31	-6,35
Siang	47,23	-0,58	78,48	-7,12
Sore	23,83	-0,06	47,55	-3,31

Tabel 4.12: Hasil perhitungan regresi linier masing-masing model pada hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Segmen jalan penyempitan)

Waktu pengamatan	Greenshield		Greenberg	
	a	b	a	B
Pagi	33,37	-0,18	62,98	-4,94
Siang	38,19	-0,27	58,34	-4,19
Sore	18,80	-0,15	142,55	-14,45

Tabel 4.13: Persamaan hubungan antara volume, kecepatan, dan kerapatan pada hari rabu tanggal 16 februari 2022 (segmen jalan normal)

Waktu		Greenshilds	Greenberg
Pagi	Us-K	$U_s = 39,26 - (39,26/122,66) \times K$	$U_s = 73,32 - 6,35 \times \ln K$
	q-K	$q = 39,26 \times K - (39,26/122,66) \times K^2$	$q = 73,32 \times K - 6,35 \times K \times \ln K$
	q-Us	$q = 122,66 \times U_s - (122,66/39,26) \times U_s^2$	$q = 102826,93 \times U_s \times e^{-(U_s/6,35)}$
Siang	Us-K	$U_s = 47,23 - (47,23/81,06) \times K$	$U_s = 78,48 - 7,12 \times \ln K$
	q-K	$q = 47,23 \times K - (47,23/81,06) \times K^2$	$q = 78,48 \times K - 7,12 \times K \times \ln k$
	q-Us	$q = 81,06 \times U_s - (81,06/47,23) \times U_s^2$	$q = 61153,62 \times U_s \times e^{-(U_s/7,12)}$
Sore	Us-K	$U_s = 23,83 - (23,83/367,12) \times K$	$U_s = 47,53 - 3,31 \times \ln k$
	q-K	$q = 23,82 \times K - (23,83/367,12) \times K^2$	$q = 47,53 \times K - 3,31 \times K \times \ln k$
	q-Us	$q = 367,83 \times U_s - (367,12/23,83) \times U_s^2$	$q = 1710824,3 \times U_s \times e^{-(U_s/3,31)}$

Tabel 4.14: Persamaan hubungan antara volume, kecepatan, dan kerapatan pada hari rabu tanggal 16 februari 2022 (segmen jalan penyempitan)

Waktu		Greenshilds	Greenberg
Pagi	Us-K	$U_s = 33,37 - (33,37/183,25) \times K$	$U_s = 62,98 - 4,94 \times \ln K$
	q-K	$q = 183,25 \times K (33,37/183,25) \times K^2$	$q = 35 \times K - 4,94 \times K \times \ln K$
	q-Us	$q = 183,25 \times U_s (183,25/33,37) \times U_s^2$	$q = 3405503,71 \times U_s \times e^{-(U_s/4,94)}$
Siang	Us-K	$U_s = 38,19 - (38,19/136,71) \times K$	$U_s = 58,34 - 4,19 \times \ln K$
	q-K	$q = 38,19 \times K (33,37/136,71) \times K^2$	$q = 58,34 \times K - 4,19 \times K \times \ln k$
	q-Us	$q = 136,71 \times U_s (136,71/38,19) \times U_s^2$	$q = 1095648,61 \times U_s \times e^{-(U_s/4,19)}$
Sore	Us-K	$U_s = 18,80 - (18,80/128,20) \times K$	$U_s = 142,54 - 14,44 \times \ln k$
	q-K	$q = 18,80 \times K (18,80/128,20) \times K$	$q = 142,54 \times K - 14,44 \times K \times \ln k$
	q-Us	$q = 128,20 \times U_s (128,20/18,80) \times U_s^2$	$q = 19267,51 \times U_s \times e^{-(U_s/14,44)}$

Tabel 4.15: Hasil nilai q_{maks} , U_f dan K_j masing-masing model hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Segmen jalan normal)

Waktu	Greenshild			Greenberg	
	U_f	K_j	q_{maks}	K_j	q_{maks}
Pagi	39,26	122,66	26304,44	102826,93	124353,29
Siang	47,23	81,06	13612,32	61153,62	3370985,95
Sore	23,82	367,12	116012,7	1710824,3	57774011,3

Tabel 4.16: Hasil nilai q_{maks} , U_f dan K_j masing-masing model hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Segmen jalan penyempitan)

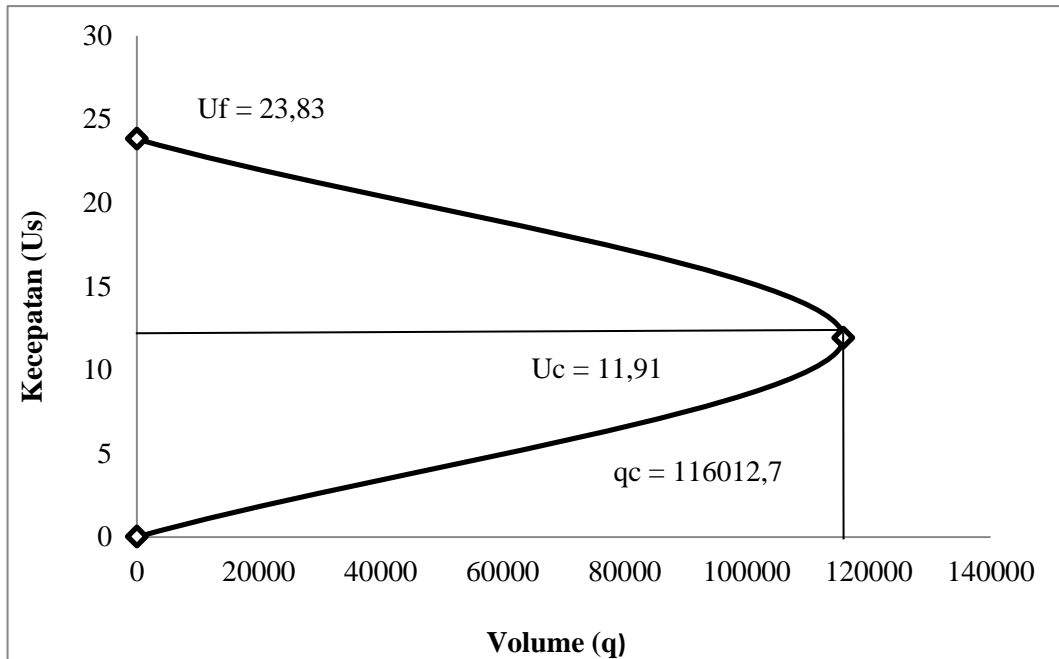
Waktu	Greenshild			Greenberg	
	U_f	K_j	q_{maks}	K_j	Q_{maks}
Pagi	33,37	183,25	44572,71	340503,71	15160033,46
Siang	38,19	136,71	22213,90	1095648,61	45338979,79
Sore	18,80	128,20	60574,51	19267,45	1918324,61

Tabel 4.17: Hasil perhitungan regresi linear daan uji statistik pada hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Segmen jalan normal)

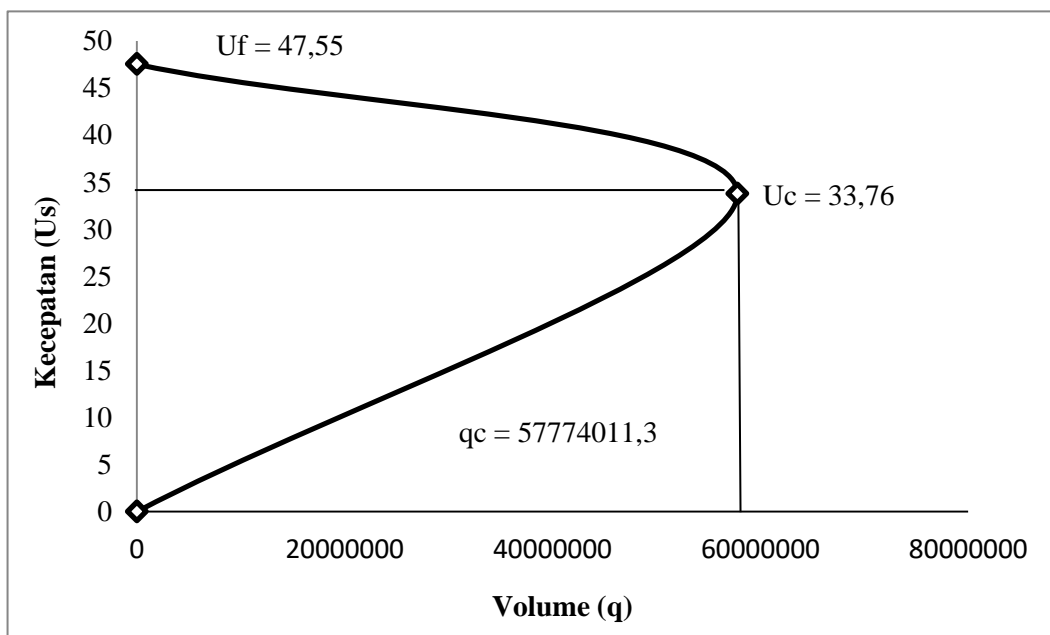
Waktu Pengamatan	Greenshild			Greenberg		
	R^2	T	F	R^2	T	F
Pagi	0,96	4,92	24,25	0,94	3,99	16,25
Siang	0,12	0,37	0,13	0,26	0,59	0,16
Sore	0,40	0,83	0,69	0,29	0,64	0,57
	Model diterima			Model diterima		

Tabel 4.18: Hasil perhitungan regresi linear daan uji statistik pada hari rabu tanggal 16 februari 2022 (Segmen jalan penyempitan)

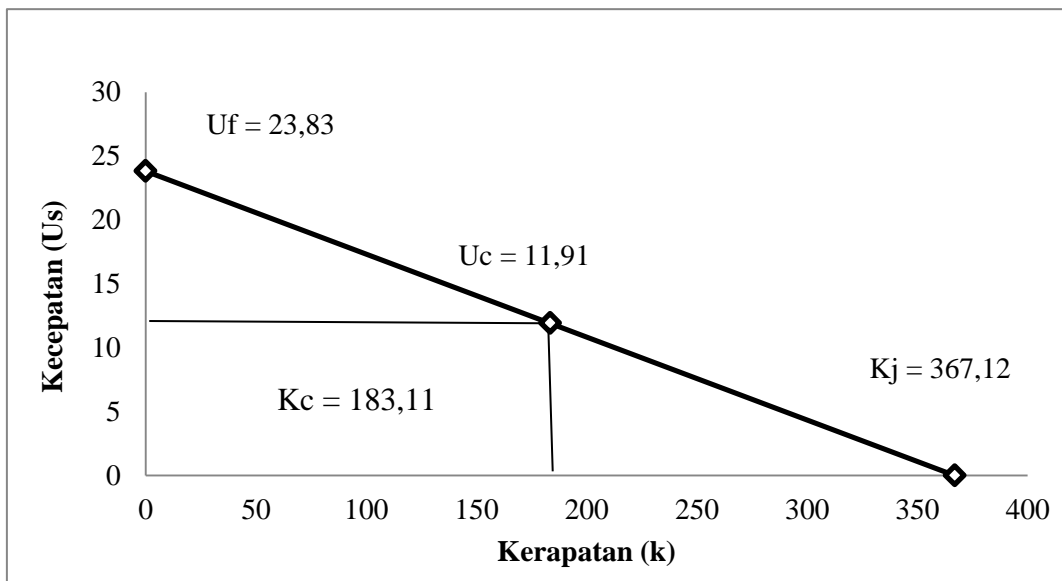
Waktu Pengamatan	Greenshild			Greenberg		
	R^2	T	F	R^2	T	F
Pagi	0,86	2,53	6,40	0,54	1,10	1,91
Siang	0,98	7,01	49,25	0,13	0,39	1,13
Sore	0,98	7,01	49,25	0,44	0,90	1,77
	Model diterima			Model diterima		



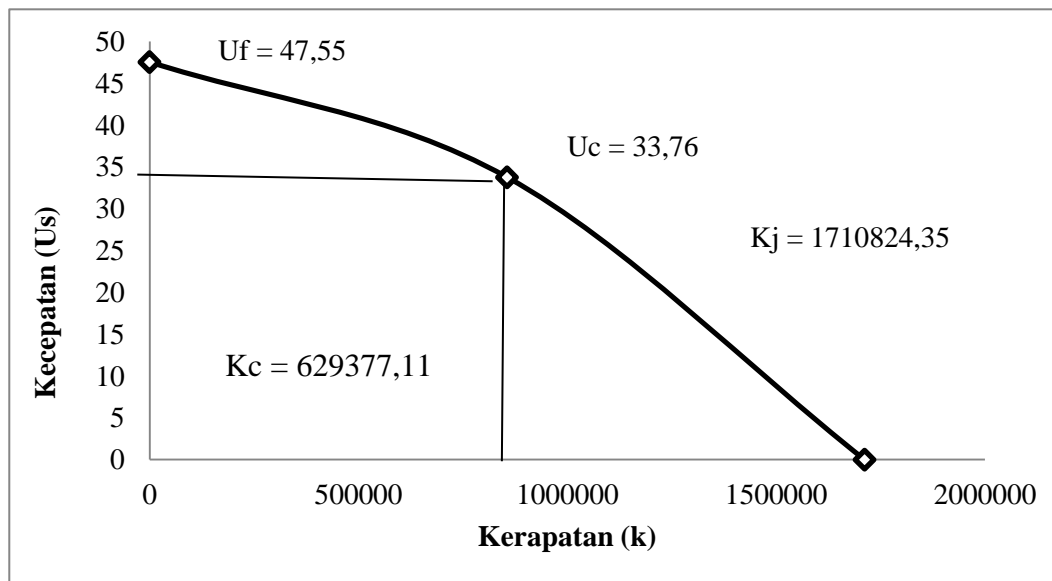
Gambar 4.1: Grafik hubungan antara volume (q) dan kecepatan (U_s) menurut Metode *Greenshields* periode III (Jalan Normal)



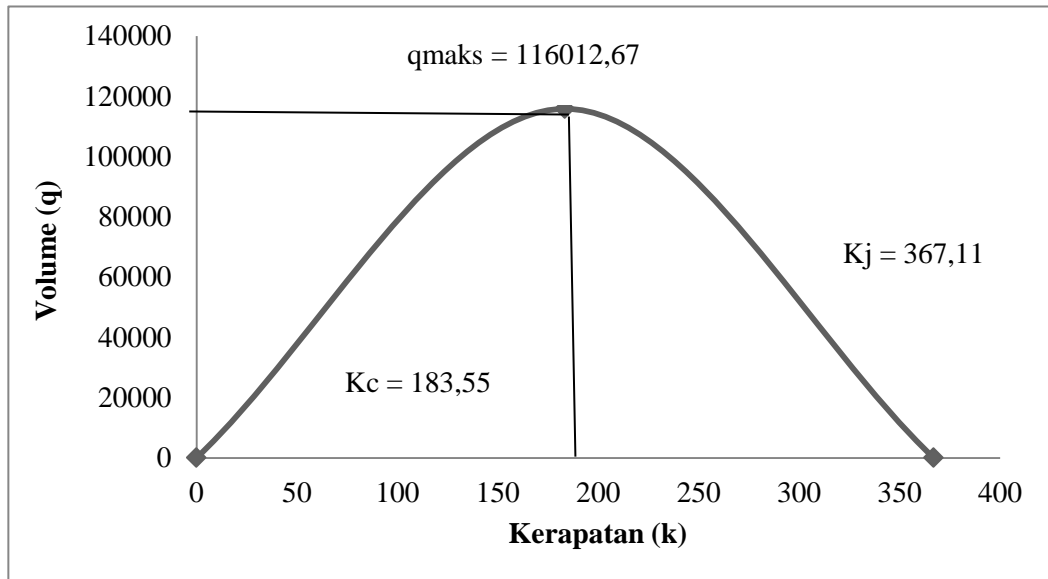
Gambar 4.2: Grafik hubungan antara volume (q) dan kecepatan (U_s) menurut Metode *Greenberg* Periode III (Jalan Normal)



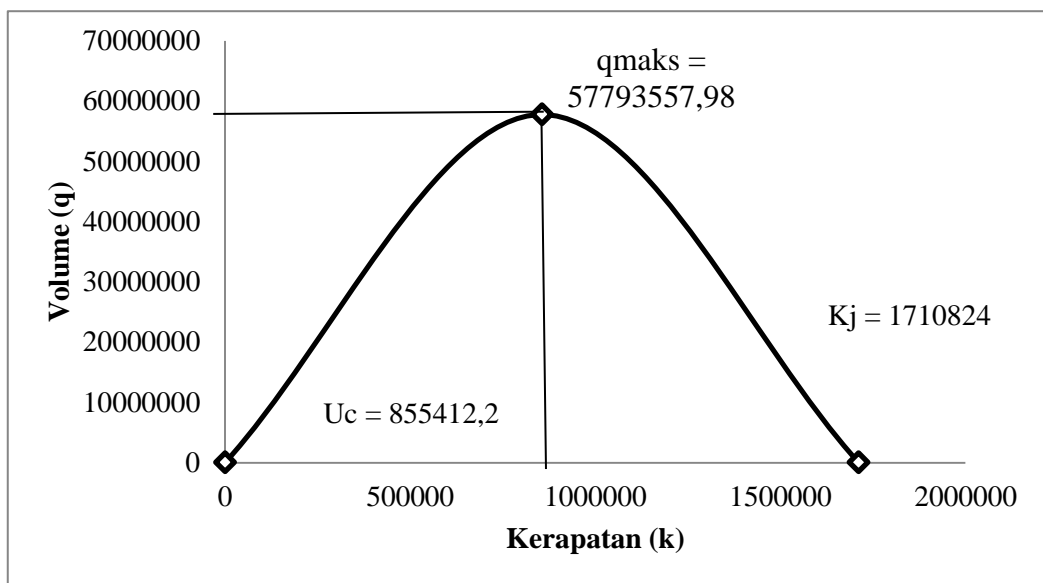
Gambar 4.3: Grafik hubungan antara kecepatan (U_s) dan kerapatan (k) menurut Metode *Greenshields* periode III (Jalan Normal)



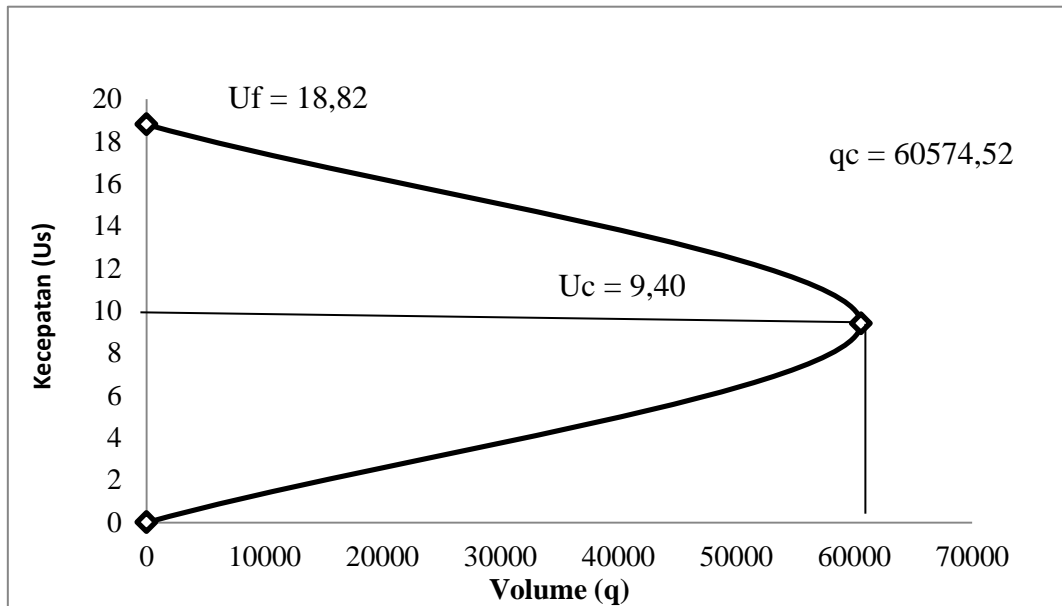
Grafik 4.4: Grafik hubungan antara kecepatan (U_s) dan kerapatan (k) menurut Metode *Greenberg* periode III (Jalan Normal)



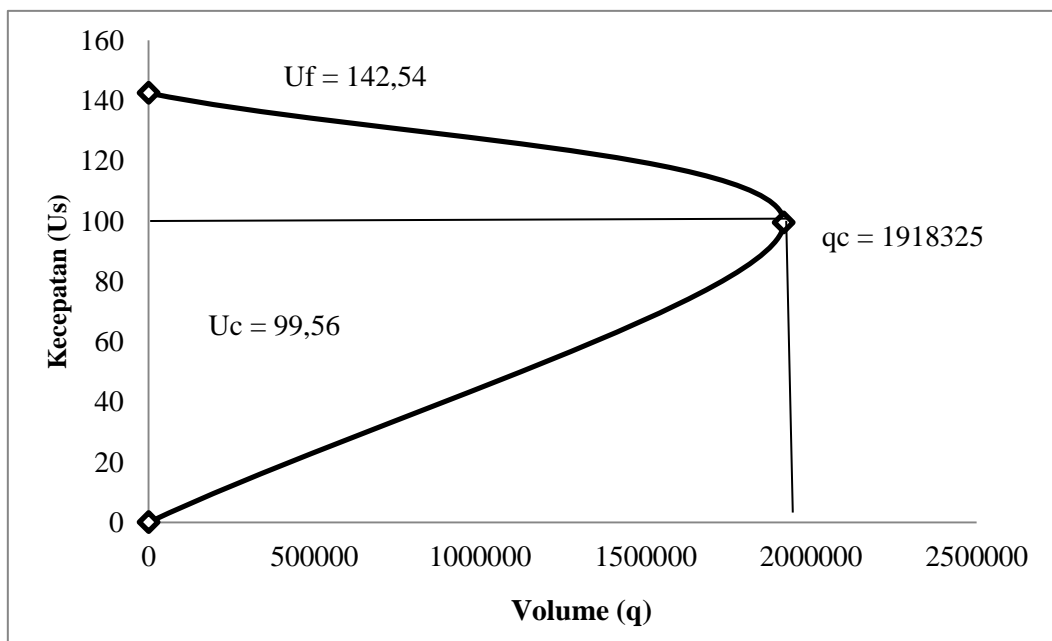
Gambar 4.5: Grafik hubungan antara volume (q) dan kerapatan (k) menurut Metode *Greenshields* pada periode III (Jalan Normal)



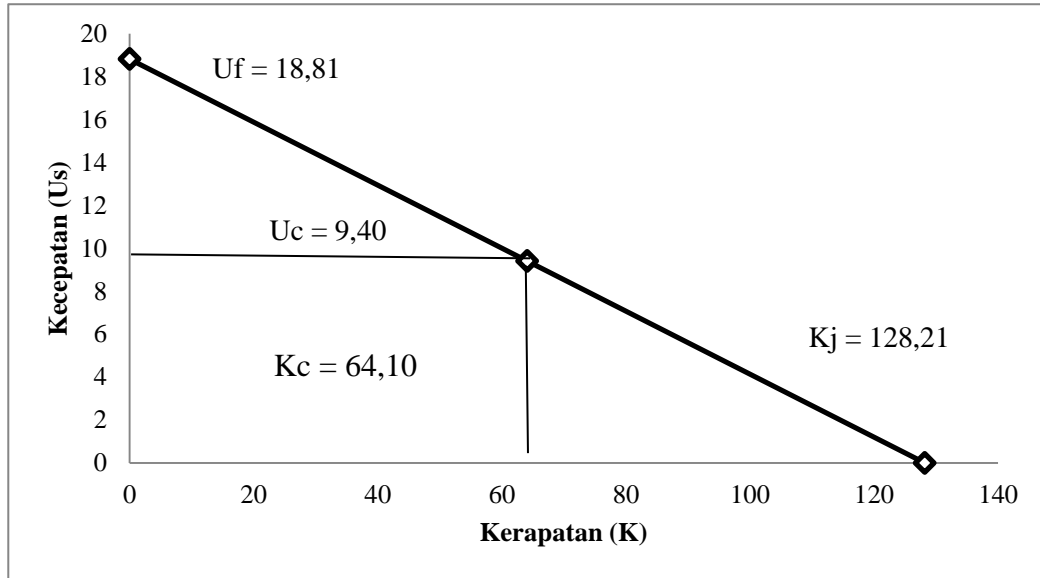
Gambar 4.6: Grafik hubungan antara volume (q) dan kerapatan (k) menurut Metode *Greenberg* pada periode III (Jalan Normal)



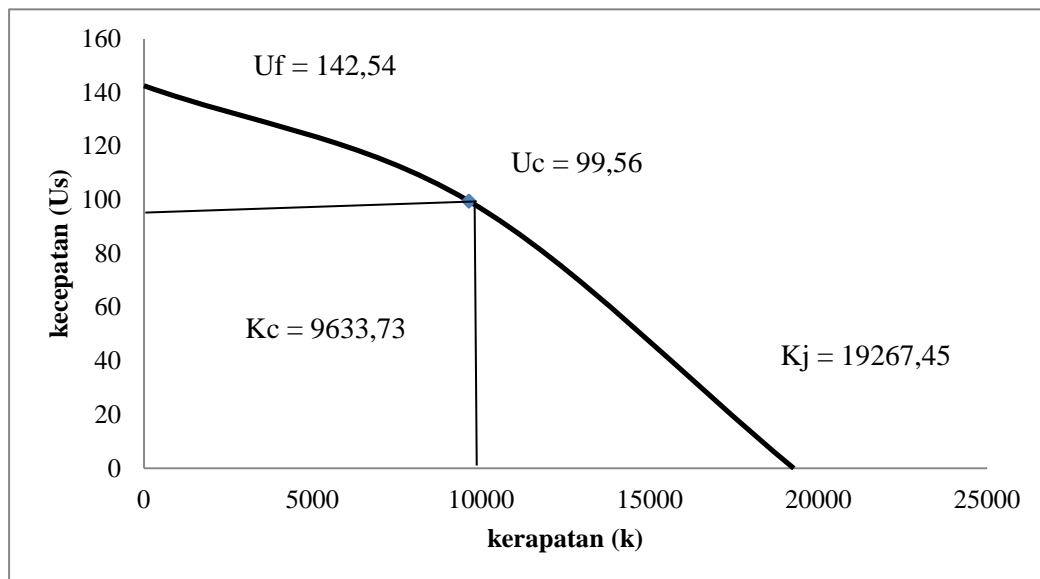
Gambar 4.7: Grafik hubungan antara volume (q) dan kecepatan (U_s) menurut Metode *Greenshields* periode III (Jalan Penyempitan)



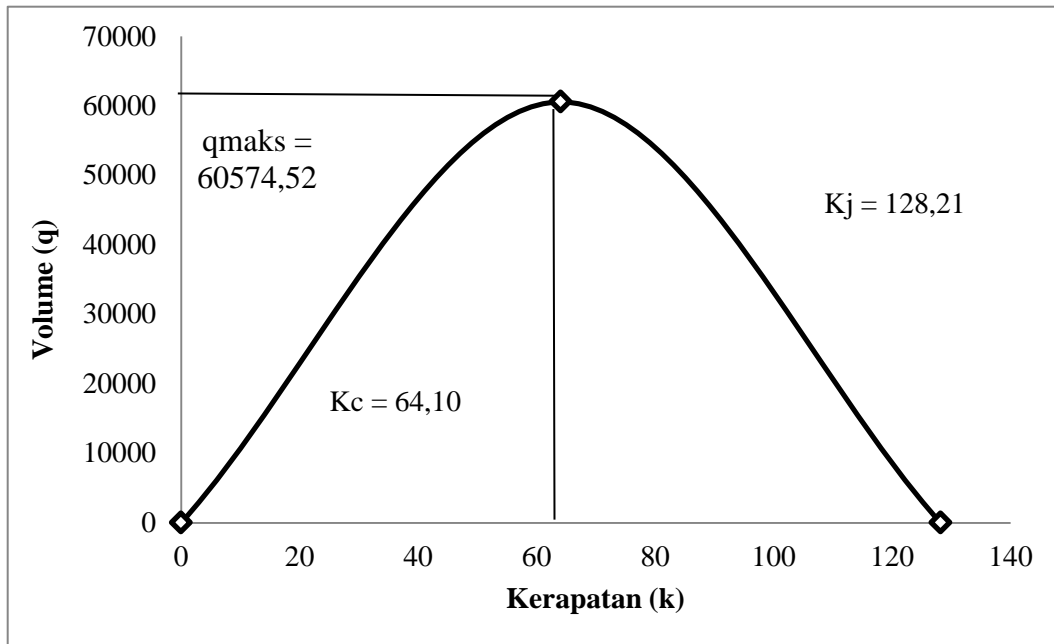
Gambar 4.8: Grafik hubungan antara volume (q) dan kecepatan (U_s) menurut Metode *Greenberg* periode III (Jalan Penyempitan)



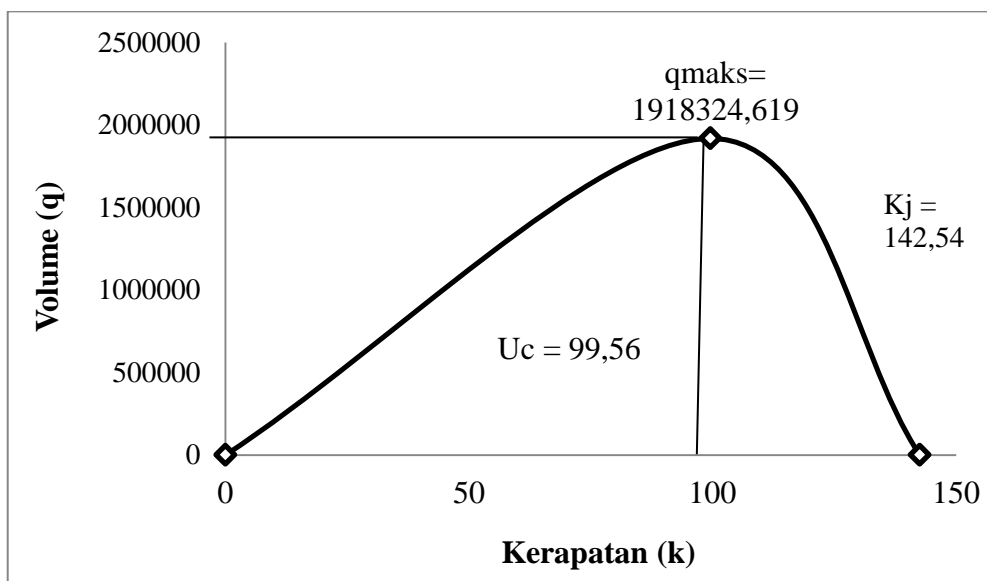
Gambar 4.9: Grafik hubungan antara kecepatan (U_s) dan kerapatan (k) menurut Metode *Greenshields* periode III (Jalan Penyempitan)



Gambar 4.10: Grafik hubungan antara kecepatan (U_s) dan kerapatan (k) menurut Metode *Greenberg* periode III pada (Jalan Penyempitan)



Gambar 4.11: Grafik hubungan antara volume (q) dan kerapatan (k) menurut Metode *Greenshields* periode III (Jalan Penyempitan)



Gambar 4.12: Grafik hubungan antara volume (q) dan kerapatan (k) menurut Metode *Greenberg* III (Penyempitan Jalan)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan analisa data yang telah dilakukan diketahui bahwa arus lalu lintas jalan Cemara didapat hubungan yang paling erat antara kecepatan dan kerapatan dimana
 - a. Pada segmen jalan normal metode *Greenshields* diperoleh nilai $R^2 = 0,40$ dimana artinya yaitu kesesuaian model *Greenshields* sebesar 40% dengan tingkat keeratan hubungan dalam menggambarkan antara kecepatan dan kerapatan. Sedangkan pada jalan penyempitan nilai $R^2 = 0,98$ dimana kesesuaian model *Greenshields* untuk segmen jalan penyempitan sebesar 98% dengan tingkat keeratan dalam menggambarkan hubungan kecepatan dan kerapatan.
 - b. Metode *Greenberg* diperoleh nilai $R^2 = 0,29$ pada segmen jalan normal, dimana kesesuaian model *Greenberg* pada segmen ini yaitu sebesar 29% dengan tingkat keeratan hubungan dalam menggambarkan antara kecepatan dan kerapatan. Untuk segmen jalan penyempitan diperoleh nilai $R^2 = 0,44$ memiliki arti bahwa kesesuaian model ini untuk segmen jalan penyempitan yaitu sebesar 44% dengan tingkat keeratan dalam menggambarkan hubungan antara kecepatan dan kerapatan.
2. Berdasarkan analisa data yang telah dilakukan maka diperoleh nilai arus maksimum dan kerapatan maksimum sebagai berikut:
 - a. Metode *Greenshields*
 - Segmen Jalan Normal
 - Periode 1
qmaks = 26304,44 Skr/jam
Kerapatan maksimum Kj = 122,66 Skr/km
 - Periode 2
qmaks = 13612,32 Skr/jam
Kerapatan maksimum Kj = 81,06 Skr/km

- Periode 3
 $q_{maks} = 116012,67 \text{ Skr/jam}$
 Kerapatan maksimum $K_j = 367,12 \text{ Skr/km}$
- Segmen Jalan Penyempitan
- Periode 1
 $q_{maks} = 44572,71 \text{ Skr/jam}$
 Kerapatan maksimum $K_j = 183,25 \text{ Skr/km}$
- Periode 2
 $q_{maks} = 22213,90 \text{ Skr/jam}$
 kerapatan maksimum $K_j = 136,71 \text{ Skr/km}$
- Periode 3
 $q_{maks} = 60574,51 \text{ Skr/jam}$
 Kerapatan maksimum $K_j = 128,20 \text{ Skr/km}$

b. Metode *Greenberg*

- Segmen Jalan Normal
- Periode 1
 $q_{maks} = 124353,29 \text{ Skr/jam}$
 Kerapatan maksimum $K_j = 102826,93 \text{ Skr/km}$
- Periode 2
 $q_{maks} = 3370985,95 \text{ Skr/jam}$
 Kerapatan maksimum $K_j = 61153,62 \text{ Skr/km}$
- Periode 3
 $q_{maks} = 57774011,33 \text{ Skr/jam}$
 Kerapatan maksimum $K_j = 1710824,35 \text{ Skr/km}$
- Segmen Jalan Penyempitan
- Periode 1
 $q_{maks} = 15160033,46 \text{ Skr/jam}$
 Kerapatan maksimum $K_j = 340503,71 \text{ Skr/km}$
- Periode 2
 $q_{maks} = 45338979,79 \text{ Skr/jam}$
 kerapatan maksimum $K_j = 1095648,61 \text{ Skr/km}$

- Periode 3

$$q_{maks} = 1918324,61 \text{ Skr/jam}$$

$$\text{Kerapatan maksimum } K_j = 19267,45 \text{ Skr/km}$$

3. Pengaruh penyempitan badan jalan terhadap arus , kecepatan dan kerapatan lalu lintas yaitu berdasarkan analisa yang dilakukan pada segmen jalan penyempitan diperoleh nilai arus maksimum pada periode ketiga dengan nilai $q_{maks} = 1918324,619 \text{ Skr/jam}$. pada saat volume/arus lalu lintas besar akibat dari penyempitan badan jalan menyebabkan kecepatan lalu lintas rendah dan nilai kerapatan tinggi.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan studi tentang pengaruh perilaku pengemudi dan kendaraan terhadap kelancaran lalu lintas, khususnya pada kecepatan kendaraan
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada lokasi yang sama dengan model yang berbeda sehingga didapat hubungan korelasi antara kecepatan-kerapatan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Desmi, A.-, Widari, L. A., & Yanti, R. (2019). Efektifitas Model Karakteristik Arus Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Simpang 4 Bireun (Perbandingan Dengan Metode Greenshield, Greenberg, Underwood). *Teras Jurnal*, 9(1), 19. <https://doi.org/10.29103/tj.v9i1.178>
- Direktoral Jendral Bina Marga (1997) Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktoral Jenderal Bina Marga (2014) Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), Jakarta.
- Fahmi Siddik, M. A. S. (2017). Jurnal Konstruksi. Cirebon Jurnal Konstruksi, VIII(4), 2085–8744.
- Khisty, C. J., & Lall, B. K. (2003). *Transportation Engineering an Introduction 3rd Edition*.
- Murniati, Riani, D., & Veronika, F. (2020). Analisis Dampak Penyempitan Jalan (Bottleneck) Terhadap Kinerja Lalu Lintas Di Ruas Jalan Rajawali Kota Palangka Raya Merupakan Ibu Kota. Analisis Dampak Penyempitan Jalan (*Bottleneck*) Terhadap Kinerja Lalu Lintas Di Ruas Jalan Rajawali Menggunakan Model *Greenberg*, 3(2), 160–170.
- Palayukan, R. O., Rangan, P. R., Bokko, J., Miri, G., & Juniati, K. R. (2021). Perbandingan Metode Linear *Greenshield* dengan Metode Logaritmik *Greenberg* Terhadap Penyempitan Jalan (Studi Kasus Jalan Poros Mappayuki , Rantepao Kab . Toraja Utara). 6(1), 36–42.
- Perliyansa, M. G., Pratnamas, D., & Akbar, A. O. (2019). Terhadap Karakteristik Arus Lalu Lintas (Studi Kasus : Jembatan Ayek Betung Jl . Kapten Sanap Kota Pagar Alam). 06(02), 47–54.
- Poluan, B., Rompis, S. Y. R., & Jefferson, L. (2019). Lalu Lintas (Studi Kasus : Jalan Wolter Monginsidi , Malalayang li ,. *Jurnal Sipil Statik*, 7(6), 733–742.
- Saputra, B., & Savitri, D. (2021). Analisis Hubungan antara Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu-Lintas Berdasarkan Model Greenshield, Greenberg dan Underwood. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 5(1), 43–60. <https://doi.org/10.12962/j26151847.v5i1.8742>
- Sholahudin, F., & Nurmayadi, D. (2021). *Analisis Karakteristik Arus Lalu Lintas Dengan Model Greenshield , Greenberg Dan Underwood Di Ruas Jalan*. 04(September), 77–83.
- Sholahudin, F., Rochim, A., Magister, P., Sipil, T., Teknik, F., Islam, U., & Agung, S. (2019). *Perbandingan Kapasitas Jalan Model Greenshield ,*

Model Greenberg Dan Underwood Terhadap Perhitungan Mki 1997 Pada Jalan Jendral Sudirman Batang. 24(1).

Sudjana, (2000) Metode Statistika, (Edisi VI). Bandung: Tarsito

Tamin, O. Z. (2000) Perencanaan dan Pemodelan Transportasi. 2nd ed. ITB.

Tiara Dewi, Muhammad Amir Masruhim, R. S. (2016). *Laboratorium Penelitian Dan Pengembangan Farmaka Tropis Fakultas Farmasi Universitas Mualawarman, Samarinda, Kalimantan Timur, April, 5–24.*

LAMPIRAN

Tabel L.1: Data volume lalu lintas hari Senin tanggal 14 Februari 2022

No.	Waktu Jam	Jenis Kendaraan		
		KR	KB	SM
1.	06:30-06:45	187	5	367
2.	06:45-07:00	153	10	457
3.	07:00-07:15	137	7	472
4.	07:15-07:30	140	13	507
5.	07:30-07:45	89	22	514
6.	07:45-08:00	80	22	453
7.	08:00-08:15	70	30	460
8.	08:15-08:30	60	25	435
	Pagi	916	134	3665
9.	12:00-12:15	101	26	180
10.	12:15-12:30	150	28	309
11.	12:30-12:45	184	36	238
12.	12:45-13:00	181	21	294
13.	13:00-13:15	192	37	311
14.	13:15-13:30	92	13	192
15.	13:30-13:45	153	26	285
16.	13:45-14:00	149	33	295
	Siang	1202	220	2104
17.	16:30-16:45	190	24	254
18.	16:45-17:00	402	23	236
19.	17:00-17:15	249	18	504
20.	17:15-17:30	317	26	543
21.	17:30-17:45	364	34	654
22.	17:45-18:00	354	11	622
23.	18:00-18:15	330	12	590
24.	18:15-18:30	300	5	565
	Sore	2506	153	3968
	Total	4624	507	9737
	Total Keseluruhan	14868		

Tabel L.2: Data volume lalu lintas hari Selasa tanggal 15 Februari 2022

No.	Waktu Jam	Jenis Kendaraan		
		KR	KB	SM
1.	06:30-06:45	106	5	504
2.	06:45-07:00	71	5	248
3.	07:00-07:15	64	5	453
4.	07:15-07:30	89	6	668
5.	07:30-07:45	91	8	573
6.	07:45-08:00	110	14	629
7.	08:00-08:15	79	12	341
8.	08:15-08:30	50	7	300
	Pagi	660	62	3716
9.	12:00-12:15	123	15	253
10.	12:15-12:30	123	12	294
11.	12:30-12:45	136	22	254
12.	12:45-13:00	127	23	253
13.	13:00-13:15	141	23	268
14.	13:15-13:30	139	32	273
15.	13:30-13:45	136	41	297
16.	13:45-14:00	145	20	237
	Siang	1070	188	2129
17.	16:30-16:45	200	21	450
18.	16:45-17:00	395	30	680
19.	17:00-17:15	300	39	720
20.	17:15-17:30	280	25	700
21.	17:30-17:45	200	28	680
22.	17:45-18:00	170	39	690
23.	18:00-18:15	130	40	710
24.	18:15-18:30	90	21	665
	Sore	1765	243	5295
	Total	3495	493	11140
	Total Keseluruhan	15128		

Tabel L.3: Data volume lalu lintas hari Rabu tanggal 16 Februari 2022

No.	Waktu Jam	Jenis Kendaraan		
		KR	KB	SM
1.	06:30-06:45	106	1	491
2.	06:45-07:00	123	10	569
3.	07:00-07:15	85	9	576
4.	07:15-07:30	128	8	574
5.	07:30-07:45	131	11	544
6.	07:45-08:00	118	16	565
7.	08:00-08:15	115	12	555
8.	08:15-08:30	90	20	550
	Pagi	896	87	4424
9.	12:00-12:15	97	27	206
10.	12:15-12:30	107	45	214
11.	12:30-12:45	137	37	225
12.	12:45-13:00	111	30	187
13.	13:00-13:15	102	24	197
14.	13:15-13:30	132	23	197
15.	13:30-13:45	137	40	288
16.	13:45-14:00	123	37	235
	Siang	946	263	1786
17.	16:30-16:45	250	25	696
18.	16:45-17:00	135	42	720
19.	17:00-17:15	130	42	680
20.	17:15-17:30	110	30	590
21.	17:30-17:45	150	35	474
22.	17:45-18:00	388	54	720
23.	18:00-18:15	365	30	870
24.	18:15-18:30	312	20	770
	Sore	1840	278	5520
	Total	3682	628	11730
	Total Keseluruhan	16040		

Tabel L.4: Data volume lalu lintas hari Kamis tanggal 17 Februari 2022

No.	Waktu Jam	Jenis Kendaraan		
		KR	KB	SM
1.	06:30-06:45	127	18	320
2.	06:45-07:00	195	28	349
3.	07:00-07:15	178	15	299
4.	07:15-07:30	139	9	327
5.	07:30-07:45	168	19	380
6.	07:45-08:00	178	14	415
7.	08:00-08:15	187	21	398
8.	08:15-08:30	150	8	454
	Pagi	1322	132	2942
9.	12:00-12:15	125	13	182
10.	12:15-12:30	185	20	299
11.	12:30-12:45	161	16	240
12.	12:45-13:00	149	12	271
13.	13:00-13:15	141	16	253
14.	13:15-13:30	194	15	240
15.	13:30-13:45	156	16	217
16.	13:45-14:00	184	19	267
	Siang	1295	127	1969
17.	16:30-16:45	135	54	320
18.	16:45-17:00	197	28	580
19.	17:00-17:15	196	8	652
20.	17:15-17:30	152	12	569
21.	17:30-17:45	169	11	584
22.	17:45-18:00	209	19	524
23.	18:00-18:15	167	12	479
24.	18:15-18:30	170	10	440
	Sore	1395	154	4148
	Total	4012	887	9059
	Total Keseluruhan	13958		

Tabel L.5: Data volume lalu lintas hari jum'at tanggal 18 februari 2022

No.	Waktu Jam	Jenis Kendaraan		
		KR	KB	SM
1.	06:30-06:45	53	6	328
2.	06:45-07:00	78	25	534
3.	07:00-07:15	113	59	537
4.	07:15-07:30	106	19	490
5.	07:30-07:45	88	12	574
6.	07:45-08:00	107	10	598
7.	08:00-08:15	100	48	466
8.	08:15-08:30	100	19	445
	Pagi	745	198	3991
9.	12:00-12:15	75	15	415
10.	12:15-12:30	50	9	473
11.	12:30-12:45	89	11	398
12.	12:45-13:00	90	7	550
13.	13:00-13:15	135	18	584
14.	13:15-13:30	87	13	613
15.	13:30-13:45	96	21	627
16.	13:45-14:00	186	12	515
	Siang	808	106	4175
17.	16:30-16:45	181	17	405
18.	16:45-17:00	190	12	610
19.	17:00-17:15	167	13	590
20.	17:15-17:30	169	16	593
21.	17:30-17:45	149	13	605
22.	17:45-18:00	210	14	550
23.	18:00-18:15	202	7	542
24.	18:15-18:30	217	4	523
	Sore	1485	96	4418
	Total	3038	400	12584
	Total Keseluruhan	16022		

Tabel L.6: Data volume lalu lintas hari Sabtu tanggal 19 Februari 2022

No.	Waktu Jam	Jenis Kendaraan		
		KR	KB	SM
1.	06:30-06:45	80	1	280
2.	06:45-07:00	110	7	250
3.	07:00-07:15	64	13	273
4.	07:15-07:30	122	15	301
5.	07:30-07:45	101	18	333
6.	07:45-08:00	90	22	290
7.	08:00-08:15	75	10	301
8.	08:15-08:30	53	8	280
	Pagi	695	94	2308
9.	12:00-12:15	130	15	190
10.	12:15-12:30	137	27	207
11.	12:30-12:45	151	17	231
12.	12:45-13:00	127	11	277
13.	13:00-13:15	162	20	251
14.	13:15-13:30	155	22	175
15.	13:30-13:45	144	14	201
16.	13:45-14:00	121	10	285
	Siang	1127	136	1817
17.	16:30-16:45	183	10	431
18.	16:45-17:00	159	12	531
19.	17:00-17:15	175	8	620
20.	17:15-17:30	191	4	580
21.	17:30-17:45	155	5	569
22.	17:45-18:00	143	2	670
23.	18:00-18:15	125	1	701
24.	18:15-18:30	112	1	590
	Sore	1243	43	4692
	Total	3065	630	8817
	Total Keseluruhan	12512		

Tabel L.7: Data volume lalu lintas hari Minggu tanggal 20 Februari 2022

No.	Waktu Jam	Jenis Kendaraan		
		KR	KB	SM
1.	06:30-06:45	47	2	235
2.	06:45-07:00	75	13	290
3.	07:00-07:15	67	3	232
4.	07:15-07:30	75	2	366
5.	07:30-07:45	81	3	241
6.	07:45-08:00	78	4	313
7.	08:00-08:15	70	2	323
8.	08:15-08:30	80	3	330
	Pagi	573	32	2330
9.	12:00-12:15	158	4	271
10.	12:15-12:30	159	6	298
11.	12:30-12:45	150	4	259
12.	12:45-13:00	155	2	258
13.	13:00-13:15	144	6	286
14.	13:15-13:30	158	1	272
15.	13:30-13:45	156	1	267
16.	13:45-14:00	170	3	250
	Siang	1250	27	2161
17.	16:30-16:45	201	5	498
18.	16:45-17:00	217	1	470
19.	17:00-17:15	169	0	490
20.	17:15-17:30	199	0	498
21.	17:30-17:45	272	4	865
22.	17:45-18:00	233	5	709
23.	18:00-18:15	200	2	690
24.	18:15-18:30	190	0	670
	Sore	1681	17	4890
	Total	3501	76	9381
	Total Keseluruhan	12958		



Gambar L.1: Foto saat survei



Gambar L.2: Foto survei di jalan penyempitan



Gambar L.3: Foto kondisi jalan penyempitan



Gambar L.4: Foto tim



INFORMASI PRIBADI

Nama : Khairul Afandi
Panggilan : Fandi
Tempat/tanggal lahir : Suka Tani, 05-Oktober-1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat sekarang : Jl. Bilal Ujung No. 168 Kecamatan Medan Timur
No. Hp : 082304083295
No Pokok Mahasiswa : 1807210007
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara
Alamat Perguruan : Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238

RIWAYAT PENDIDIKAN

Sekolah Dasar (SD) : SDN 054924 Suka Tani
Kec.Besitang
Sekolah Pertama Menengah (SMP) : SMPS Dharma Bakti Kejuruan
Muda Aceh Tamiang
Sekolah Menengah Atas (SMA) : SMAN 4 Kejuruan Muda
Aceh Tamiang